บทที่ 1
ประวัติทางดาราศาสตร์

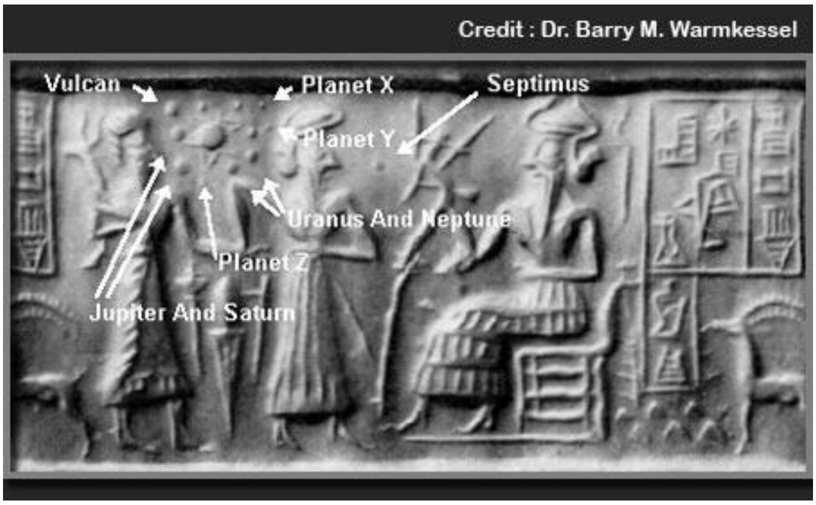
ต้นกำเนิดผสมกันระหว่าง ดาราศาสตร์และโหราศาสตร์

ดาราศาสตร์ดึกดำบรรพ์ ถือกำเนิดขึ้น ด้วยความแตกต่าง ความเชื่อของศาสนาและวัฒนธรรม จากการเฝ้ามองท้องฟ้าในเรื่องพระเจ้า เหล่าทวยเทพ บนสวรรค์ที่ดลบันดาลให้เกิดกลางวันกลางคืน เริ่มจากดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ อิทธิพลดังกล่าวในยุคนั้น ทำให้มีบางคนเช่น พระ ผู้นำศาสนา เจ้าลัทธิ เริ่มศึกษาความเปลี่ยนแปลง เช่น เก็บข้อมูลจัดทำปฏิทิน นำมาบัญญัติโดยผู้ปกครองเล่ากันเป็นตำนานต่อๆกันมา บรรยายเรื่องราวบนท้องฟ้า ผสมผสานระหว่างดาราศาสตร์ (Astronomy) และโหราศาสตร์ (Astrology)

หลักฐานสำคัญเมื่อ 4,500 ปีมาแล้ว บริเวณอาณาเขต Akkadians จักรวรรดิแห่งแรกของโลก เป็นส่วนหนึ่งของด้านเหนือ Mesopotamia ภายหลังคือ Babylonia(ด้านใต้คืออาณาจักร Sumer) มีหลักฐานชิ้นสำคัญ แสดงว่านักดาราศาสตร์ซึ่งเป็นผู้นำศาสนาของ Babylonia พยากรณ์การเคลื่อนที่ของ ดวงอาทิตย์



อาณาจักร Babylonia



การวิเคราะห์สัญลักษณ์ Akkadians โดย Dr. Barry M. Warmkessel พบว่า มีการแสดงถึงดาวเคราะห์หลายดวง และดาวหางที่โคจรมาจาก Kuiper belt (บริเวณขอบสุริยะ) ซึ่งในยุคนั้น เรายังไม่เข้าใจว่าสำรวจทราบด้วยวิธีใด ทั้งๆไม่มีอุปกรณ์ทันสมัยที่จะสืบค้นได้



Babylonian clay tablet (สมุดบันทึกทำด้วยดินเหนียวยุค Babylonian)

บันทึกเรื่องราวดาราศาสตร์ และโหราศาสตร์

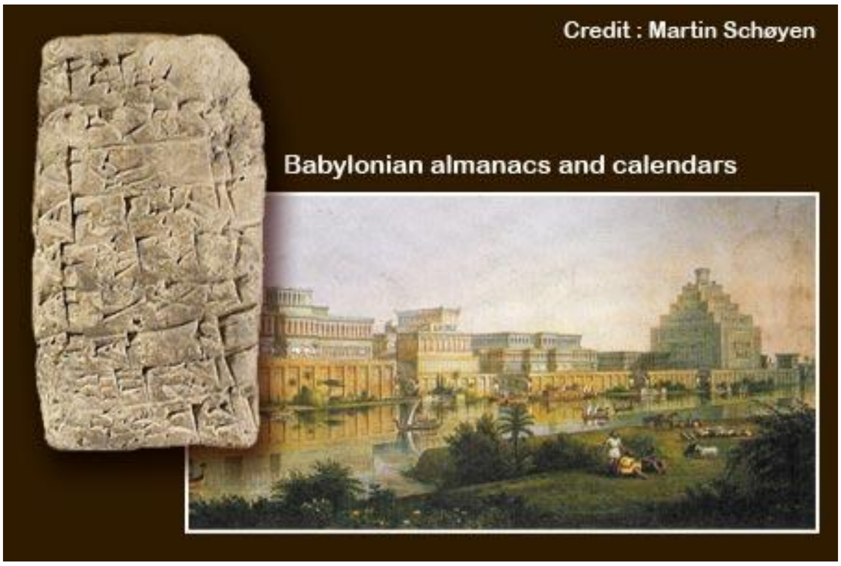
การเฝ้ามองท้องฟ้าสังเกตความเปลี่ยนแปลงกับโลก อย่างเป็นวัฐจักรมีกลางวันและกลางคืน มีเวลาเช้า สาย บ่าย ค่ำ ดึก ทำให้มีต้นความคิดกำหนดแบบแผนเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ผ่านไป และสิ่งที่กำลังจะเกิดใหม่ นั่นคือ เวลา อันมีอดีต และอนาคต

เชื่อว่าชาวจีนเป็นกลุ่มชนที่ กำหนดวัน เดือน ปี ในปฏิทินมาช้านานแล้ว โดยริเริ่มจาก Xia หรือ Hsia ราชวงศ์แรกของจีน ก่อนคริสตกาลระหว่าง 1,600-2,100 ปี พบหลักฐานออกแบบไว้ใช้ ในกองทัพ และได้พัฒนาเป็นปฏิทิน ชุดแรกของจีนโดยใช้กลุ่มดาว Big Dipper (ดาวหมีใหญ่) กำหนดเป็นจุดสิ้นสุดของเดือนต่อมาพบเอกสารแสดงบันทึก แสดงความเคลื่อนที่ ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวด้วยเส้น ทางจันทรคติ 12 เดือน บอกถึงฤดูกาล สำหรับการเก็บเกี่ยวพืชผล และการเลี้ยงสัตว์

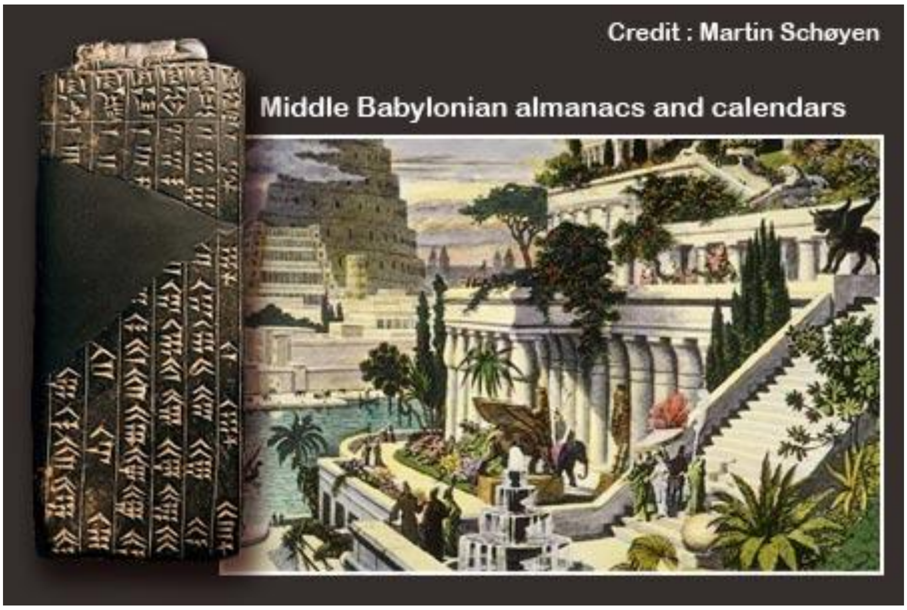
แต่อีกฟากโลก ก่อนคริสตกาลประมาณ 2,000-3,000 ปี ชาว Babylonia และชาว Egyptians พัฒนาปฏิทินด้วยการศึกษากำหนดจากท้องฟ้า เพื่อการเกษตรทำนายโดยใช้ ดาว เช่น Sirius (ดาวที่สุกใสสว่าง) หรือเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ แสดงถึง ความเปลี่ยนแปลงผิดปกติด้านอุทกภัย เช่น น้ำท่วม โดยมี 7 วันใน 1 สัปดาห์และ 12 เดือนใน 1 ปี อย่างสมบูรณ์ จากการพัฒนาต่อเนื่องยาวนานนับหลายร้อยปี การจัดทำปฏิทิน เป็นการแสดงว่ามนุษย์ได้เริ่มใช้ ขบวนการวิชาดาราศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อประโยชน์ต่อการดำรงชีพอย่างมีแบบแผน ต่อประชากรโลกทั้งมวล จนทุกวันนี้



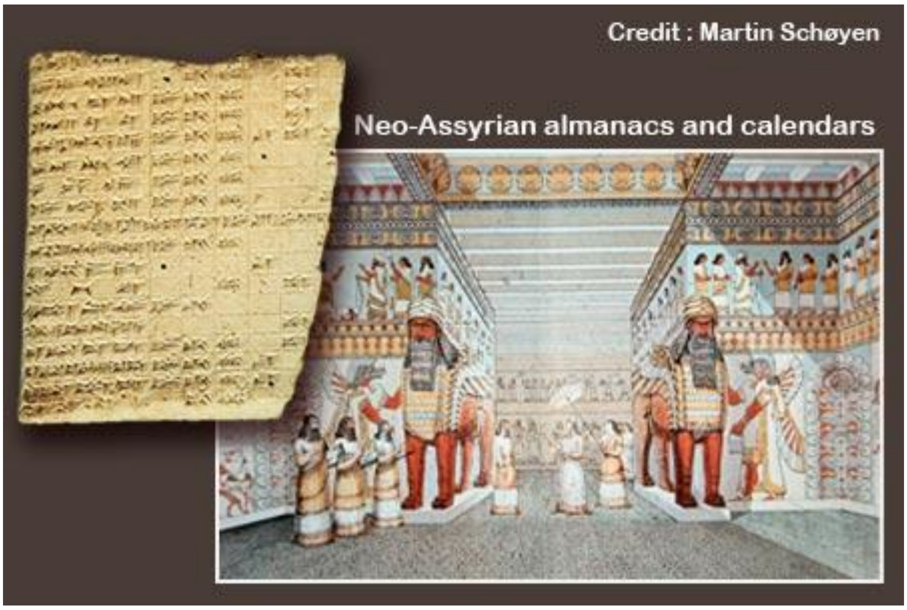
ต้นแบบปฏิทินจีนโบราณ ใช้สำหรับกองทัพ พบในสุสานเก่าแก่ ก่อนคริสตกาลระหว่าง 1,600-2,100 ปี



แผ่นจารึกปฏิทิน บนดินเหนียว ของชาว Babylonia ยุค Neo Sumerian
ก่อนคริสตกาล 1,600-2,100 ปี ขนาด 7.0x4.5x2.5 cm มีจำนวน 13 เดือน



แผ่นจารึกปฏิทิน บนหิน Black stone ของชาว Babylonia ยุค Middle Babylonianก่อนคริสตกาล 800-1,100 ปี
ขนาด 7.1x17.2x1.7 cm มีจำนวน 13 เดือน ด้านบนเป็นห่วงวงแหวน รูปสิงโตหมอบ



แผ่นจารึกปฏิทิน บนดินเหนียวสีเหลือง ของชาว Neo-Assyrian ราว ค.ศ.681-705
ขนาด 8.1x6.9x2.6 cm มีรายละเอียดของวัน

แผนที่ดาราศาสตร์โบราณ ชนชาติจีน ก่อนคริสตกาล

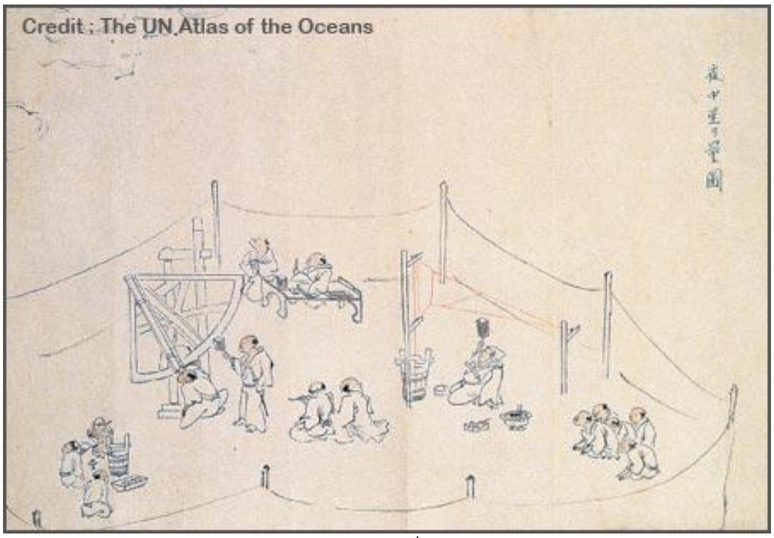
นอกจากปฏิทินแล้ว การบันทึกเรื่องดาราศาสตร์ ในประวัติศาสตร์ทางโบราณคดีของจีนพบว่ามีเอกสารบันทึกเรื่องสุริยุปราคา มานานกว่า 4,000 ปี ก่อนคริสตกาลบันทึกเรื่องราวกลุ่มดาวเคราะห์ต่างๆ โดยเฉพาะ Navigator stars (ดาวนำทาง)และยังพบหลักฐาน แผนที่ดาวโบราณใช้ สำหรับการสอนในโรงเรียนดาราศาสตร์ชาวจีนโบราณ 700 ก่อนคริสตกาล

นอกจากนั้น Book of silk (แผนที่ดาวโบราณบนผ้าไหม) เป็นเอกสารม้วนยาว 1.5 เมตร ของจีนแสดงชื่อ ดาวหาง ภาพเขียนประเภทดาวหาง อีก 29 แบบรวมถึงการเคลื่อนไหว สี ความยาว เรียกว่า Broom stars (ดาวเหมือนด้ามไม้กวาด)ใช้เวลาบันทึกต่อเนื่องราว 300 ปี ได้สำรวจพบในหลุมศพ เมื่อ ค.ศ. 1973

หลักฐานเริ่มแต่ 4,000 ปีก่อนคริสตกาล ตามที่กล่าวมา หลังจากนั้น 1,000 ปี ต่อมา เกิดแผนที่ดาว บรรจุหมู่ดาวไว้ 44 กลุ่ม ประกอบด้วยดาว 141 ดวง และ ต่อมา 500 ปีก่อนคริสตกาล มีการเปลี่ยนแปลง ยุคสงคราม (Warring StatesPeriod) แสดงกลุ่มดาว Big Dipper (ดาวหมีใหญ่) เพิ่มหมู่ดาวอีก 28 กลุ่ม

ช่วงก่อนคริสตกาล 221-475 ปี แผนที่แสดงหมู่ดาว 75 กลุ่ม บริเวณตรงกลางแผนที่ และจำนวนหมู่ดาว 42 กลุ่มไว้รอบๆ โดยมีรายละเอียด ดาว 510 ดวง ใน 18 หมู่ดาว ก่อนคริสตกาล 350 ปี นักดาราศาสตร์ Shi Shen จัดทำแผนที่หมู่ดาว 138 กลุ่มมีรายชื่อดาว 810 ดวง ตำแหน่งดาว 121 ดวง รวมถึงจันทรุปราคา ต่อมามีการสำรวจ ปรับปรุงเรื่อยมานับหลายสิบครั้ง

ช่วงต้นคริสต์ศักราช Han Grave Mural Star Chart มีรายละเอียดดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ ดาวอีก 10 ดวง ต่อมา ค.ศ. 193 แผนที่ดาวของ Whole Sky StarMaps มีดาว 1,464 ดวง กลุ่มดาว 248 กลุ่ม ครั้นถึงยุค Southern Dynasties Period ได้นำสี แดง ขาว ดำ มาใช้แสดงใน Whole Sky Planetarium ถัดมา ค.ศ. 526 ในยุค Northern Wei Grave Dome Star Map แสดงตำแหน่งของ The Milky Way หลังจากนั้นก็ยังเพิ่มเติมเรื่อยมาอีกมากกว่า 30 ครั้ง



ภาพเขียนโบราณ แสดงให้เห็นถึงเครื่องมือทางดาราศาสตร์ ของจีน



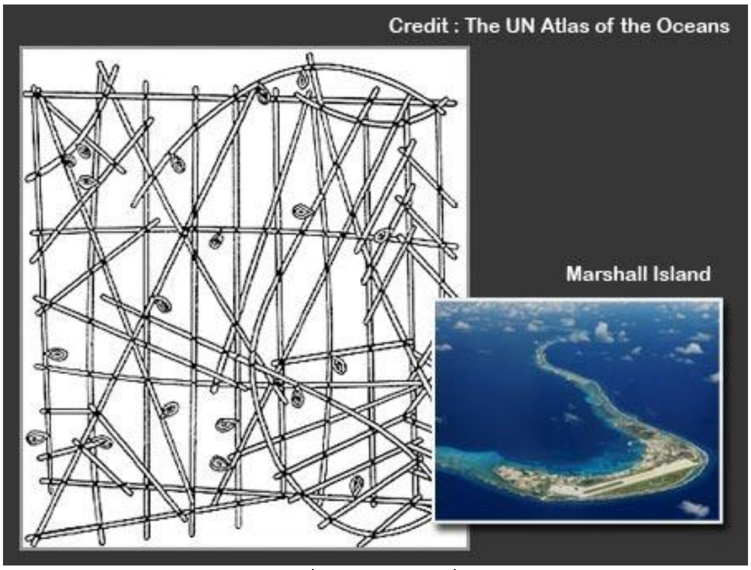
แผนที่ดาวโบราณของจีน มีจำนวนของหมู่ดาวเป็นจำนวนมากนับร้อย

ยุคแรกของแผนที่ดาว ใช้ในการเดินเรือ

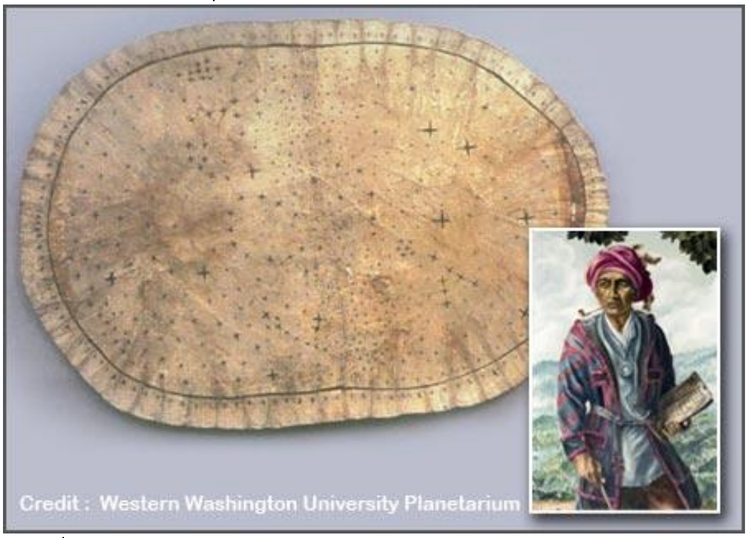
ชาว Polynesians หมู่เกาะ Marshall Island มหาสมุทรแปซิฟิค สอนลูกหลานเพื่อใช้การเดินเรือในทะเล ด้วยลักษณะแผนภูมิ ประกอบด้วย กลุ่มดาวและดาว 178 ดวง ให้เข้าใจระบบลมทะเล เส้นทางบินของนกในทะเล การเกิดคลื่นใหญ่สร้างโดยใช้กิ่งไม้ และใบไม้เป็นแผนที่ เรียกว่า Telepa เป็นการศึกษา ท้องฟ้า

แผนที่ดาว ของชนเผ่าอินเดียนแดง

เรียกว่า Pawnee Star Map แผนที่ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ จัดทำโดยชาวอินเดียน-อเมริกัน (Pawnee) ยุคโบราณ แสดงถึง ดาวศุกร์และดาวอื่นๆ เช่น ดาวSirius ,Auriga, Sagittarius, Procyon และ Scorpius



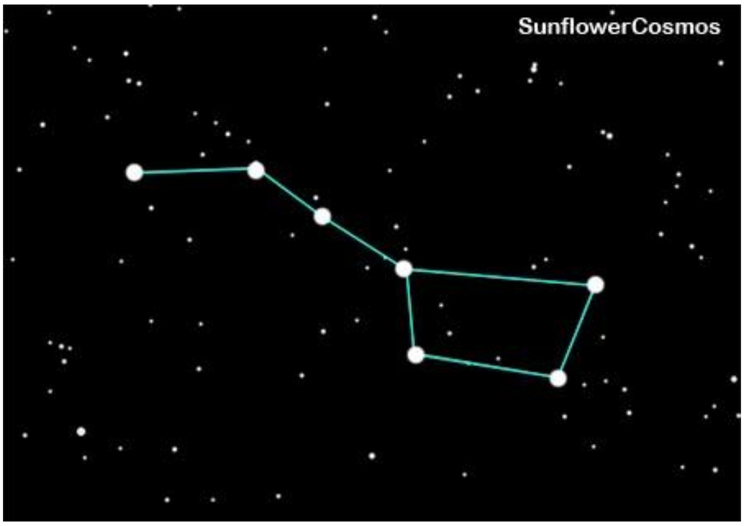
Telepa แผนที่ สร้างโดยใช้กิ่งไม้และใบไม้



แผนที่ดาว Pawnee Star Map ของชนเผ่าอินเดียนแดง ทำจากหนังสัตว์

ดาวดวงเดียวกัน แต่ต่างความหมาย

ด้วยความต่างๆกันของการมอง รูปแบบของกลุ่มดาว ด้วยเหตุผลทางวัฒนธรรม และอารยะธรรม ตัวอย่าง เช่น กลุ่มดาว Big Dipper (กลุ่มดาวหมีใหญ่) ชนเผ่าอินเดียน-อเมริกัน (American-Indian) เรียกว่า Plough (ดาวไถ) ส่วนชาวฮินดู (Hindu) เรียกว่า Seven great sages (เจ็ดนักปราชญ์) แต่ชนชาติอียิปย์ (Egyptians) มองเห็นเหมือนวัว เรียกว่า Bul lสำหรับชาวจีนนับถือเป็นดาวเทพแห่งสวรรค์ (Heavenly influences) ชาวยุโรปโบราณ (Anglo-Saxons) เห็นเป็นรถม้าที่ใช้ลากจูง (Wagon) จากนิทานปรำประรา King Arthur อีกตัวอย่าง เช่น ดาวลูกไก่ (Hen with Chicks) เป็นกลุ่มที่ชาวไทยรู้จักดี เรียกตามชาวยุโรปโบราณ สำหรับชาวกรีกโบราณ เรียกกลุ่มดาวนี้ว่า Seven Sisters stars (เจ็ดพี่น้อง) ชาวญี่ปุ่นรู้จักในชื่อ Subaru ส่วนชาว Persian ขนานนามว่า Soraya (ชื่อราชินีของอิหร่าน) แต่ในทางดาราศาสตร์ นิยมเรียกว่า Pleaides หรือ M45



กลุ่มดาวหมีใหญ่ (Big Dipper)



ดาวลูกไก่ (Hen with Chicks)



Egyptian Gods and Goddesses หลักฐานแสดงการเกี่ยวข้องเทพเจ้าของชาวอียิปต์กับท้องฟ้า

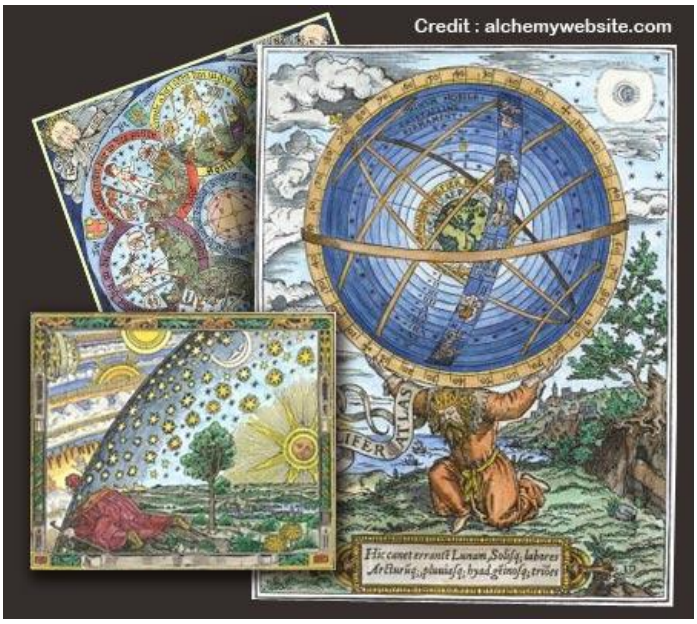
KRU.NAKIN

จักรราศี และโหราศาสตร์

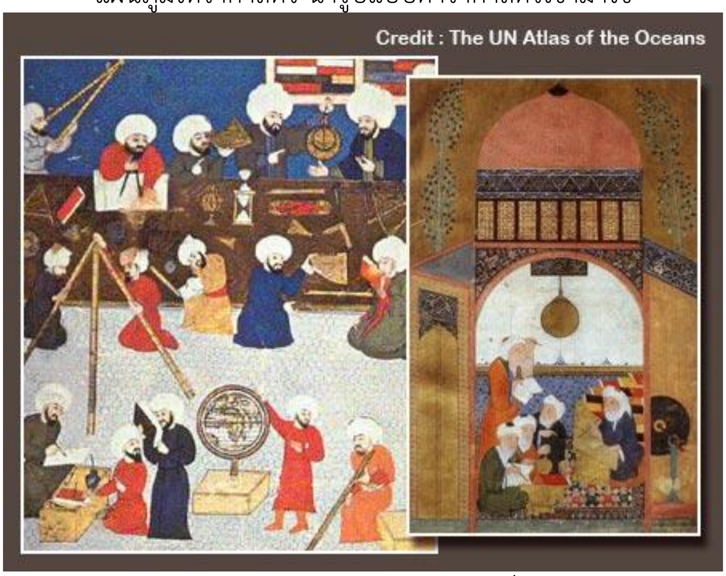
ทั่วไปจักรราศี (Zodiac) ในสัญลักษณ์โหราศาสตร์โบราณ (Astrology) ประกอบไปด้วย 12 กลุ่มดาว ล้อมรอบดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ มีเป็นจำนวนมากที่นำเอาหมู่ดาว 88 กลุ่มเข้าไปเป็นสัญลักษณ์ ในทางโหราศาสตร์เช่นกัน เพื่อแสดงถึงอิทธิพลของดาวและดาวเคราะห์ ที่มีผลต่อมนุษย์ในสิ่งหนึ่งสิ่งใด เช่น ความรัก ความมั่งมี ความเจ็บป่วย เป็นต้น การเกี่ยวข้องดังกล่าว แม้ในยุคโบราณ ทุกคนทราบดีว่า มิได้มีหลักการทางวิทยาศาสตร์รองรับ ไม่ว่าจะเป็นการแสดงเส้นทางเดินของดาวเคราะห์ ที่กระทบกัน การทำนายแต่ละครั้งเป็นเรื่องราวซ้ำซาก จากหมอดูหรือเทพยากรณ์

อย่างไรก็ตาม ยังมีผู้คนจำนวนมากสนใจคำทำนายโหราศาสตร์เช่นเดิม เพื่อสนุกสนานกับคำทำนาย หรือเชื่ออย่างจริงจัง พึงสังเกตว่า แรงดึงดูดระหว่างดวงดาวในจักรวาล มีอยู่ทั่วไปก็จริง แต่ไม่ได้มีผล ต่อมนุษย์หรือสิ่งต่างๆบนโลกที่จะผลักดันได้ เช่นที่จะนำมาทำนายถึงการเปลี่ยนแปลง

เพราะทั้งหมด เกิดจากธรรมชาติของระบบ ที่เป็นไปเองอย่างช้าๆ การปะปนกันระหว่าง ดาราศาสตร์และโหราศาสตร์ เป็นมาแต่โบราณ ด้วยรากฐานที่เกี่ยวข้องกันในเรื่องราว ชื่อดาวที่เป็นเทพเจ้า กำหนดให้เป็นความเชื่อโดยชนชั้นปกครอง



แผนภูมิโหราศาสตร์ นำรูปแบบดาราศาสตร์เข้ามาใช้



ดาราศาสตร์อิสลาม ยุคศตวรรษที่ 15



คู่มือบรรยายรายละเอียด หมู่ดาวภาษาอาหรับ

ชื่อดาวที่เรารู้จักส่วนใหญ่ มาจากภาษาอาหรับ

Islamic astronomy (ดาราศาสตร์อิสลาม) หรือ Arabic astronomy (ดาราศาสตร์อาหรับ) มีความก้าวหน้าช่วงระหว่าง ศตวรรษที่ 8-16 โดยเฉพาะด้านเครื่องมือดาราศาสตร์ น่าสังเกตชื่อดาวจำนวน 1,025 ดวง เช่น Aldebaran, Altair เป็นต้น และคำบางคำ ที่ใช้ในระบบดาราศาสตร์ เช่น Azimuth (ทิศทางการวัดดาวจากบนพื้นโลก) มาจากภาษาอาหรับ

ที่ผ่านมาชนชาวอาหรับ ใช้ชีวิตท่องไปในทะเลทราย (Bedouin Arabic people)มักจะตั้งชื่อดาว เป็นชื่อเฉพาะในตำแหน่งซีกด้านตะวันตกของหมู่ดาว (Western constellations) โดยมีการสืบเนื่องไปสู่รากฐานภาษากรีซ และยุโรปในยุคกลางทั้งนี้ช่วงศตวรรษที่ 10 มีความนิยมอย่างกว้างขวาง ด้วยอิทธิพลความเจริญเชื่อมโยงกันด้วยการค้า

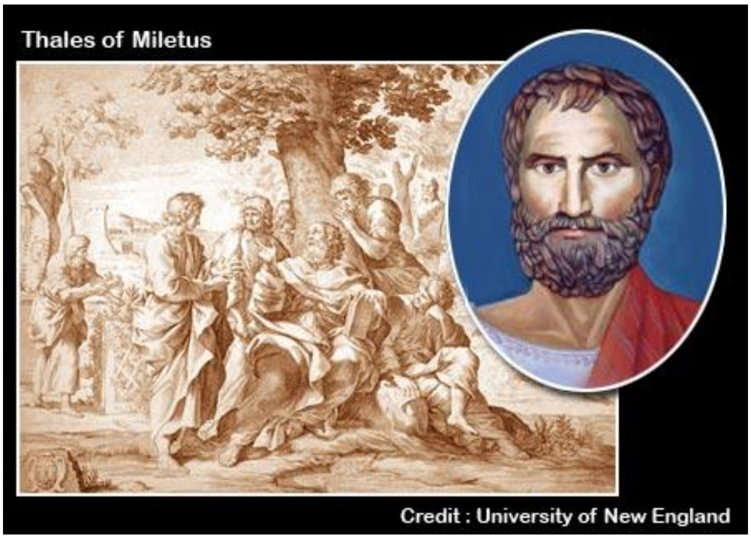
ช่วงยุคหลังจาก การล่มสลายของอาณาจักรโรมัน เกิดหลักเกณฑ์การแปลภาษากรีซสู่ภาษาอาหรับ (รวมถึงบัญชีรายชื่อดาวของ Ptolemy's Almagest) ในที่สุดชื่อดาวถูกแปลกลับจากไปสู่ภาษาลาติน ภาษากรีซ และอาหรับ-สเปน ดังนั้นชื่อดาวยุคกลางใหม่ มีรากศัพท์มาจากภาษาอาหรับ



เครื่องมือทางดาราศาสตร์ ที่ประดิษฐ์โดยชาวอาหรับยุคกลาง

Thales of Miletus นักปราชญ์ชาวกรีซ

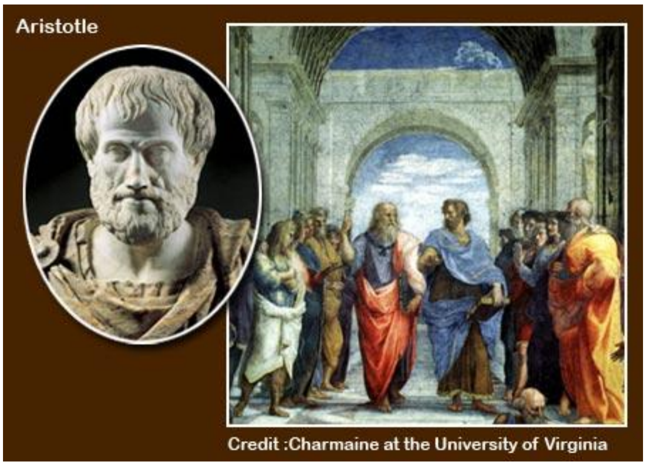
ศาสตร์แห่งความเป็นจริงเริ่มต้นขึ้น

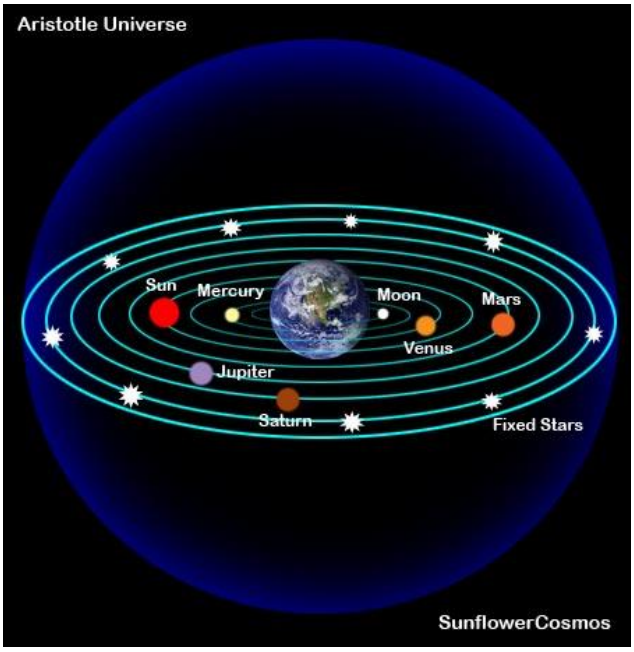


เริ่มจากสมัยกรีซโบราณ เกิดการสำรวจด้านดาราศาสตร์ แบบใหม่ โดยไม่อธิบายเหตุผลเชิงอภินิหาร เป็นจุดเปลี่ยนเงื่อนงำ ลึกลับของลัทธิ ไปสู่วิทยาศาสตร์ แนวความคิด ที่เป็นจริงได้แพร่หลายขึ้น มีความน่าเชื่อถือมากกว่าโหราศาสตร์ ที่ไม่มีบรรทัดฐานเกี่ยวข้องกับจักรวาล ถูกเปิดเผยขึ้น Thales of Miletus นักปราชญ์ชาวกรีซ ก่อนคริสตกาล 600 ปี เป็นบุคคลแรกที่ได้รับการยกย่องด้านปรัชญา มีความหลักแหลมว่า Father of science (บิดาแห่งวิทยาศาสตร์) ได้ศึกษาย้อนอดีตในยุค Babylonia และ Egyptians ทั้งหมดแล้วนำมาจัดเรียงเป็นเทพนิยายผสมผสานและอธิบายด้วยหลักการ ทางวิทยาศาสตร์ที่สำรวจใหม่ ได้เริ่มต้น วิทยาการใหม่หลายด้าน เช่น การหาทิศและการเดินเรือ คำนวณหาความสูง ของพีรามิดอียิปต์โดยใช้เงา ทำนายการเกิดสุริยะคราสล่วงหน้า พิสูจน์ทฤษฎีบททางเรขาคณิต ว่าเส้นผ่านศูนย์กลางจะแบ่งครึ่งวงกลม มุมที่ฐานของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วเท่ากัน และมุมในครึ่งวงกลมเป็นมุมฉาก เป็นต้น โดยเฉพาะด้านดาราศาสตร์ จัดว่าเป็นผู้อาวุโสรอบรู้ ได้โต้แย้งเรื่องโหราศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ อย่างมากมาย โดยให้ความเห็นว่าตำแหน่งของดาว เช่น ดวงอาทิตย์ มีผลต่อสภาพอากาศให้เกิดฤดูกาล ตลอด 365 วัน แต่ละวัน แต่ละองศาที่เคลื่อนผ่าน มีผลกระทบต่อมนุษย์ เป็นต้น

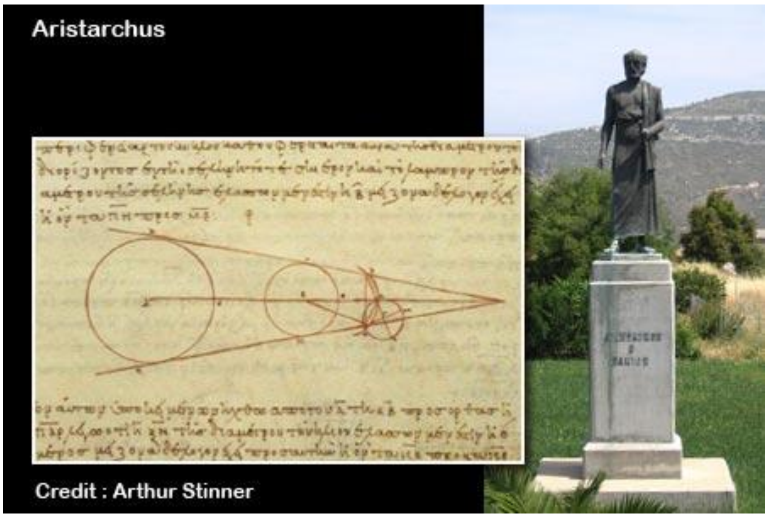
Thales เชื่อว่าโลกลอยอยู่บนน้ำ แบนเหมือนจานลอยอยู่บนพื้นมหาสมุทรเหมือนชาว Babylonia ยังอธิบายการเกิดแผ่นดินไหว เหมือนจานที่ลอยอยู่บนน้ำและกระเพื่อมตามแรงน้ำ แม้ว่าจะไม่ถูกต้องแต่นับ ว่าจุดเริ่มการโต้แย้งด้วยหลักการ และเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

Aristotle นักปราชญ์ชาวกรีซ





แนวคิดของ Aristotle ให้ความเห็นว่า โลกอยู่ตรงกลาง



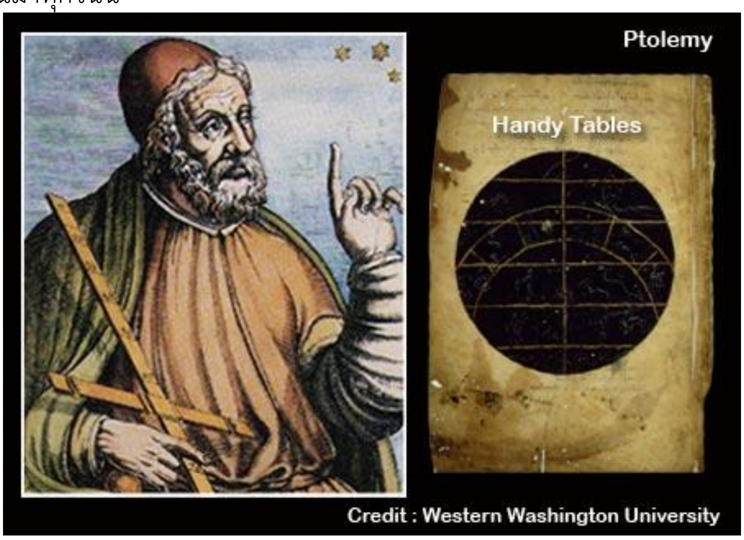
Aristarchus นักดาราศาสตร์ชาวกรีซ มีความเห็นตรงข้ามกับ Aristotle

ทฤษฎีที่ขัดแย้ง ของนักดาราศาสตร์โบราณ

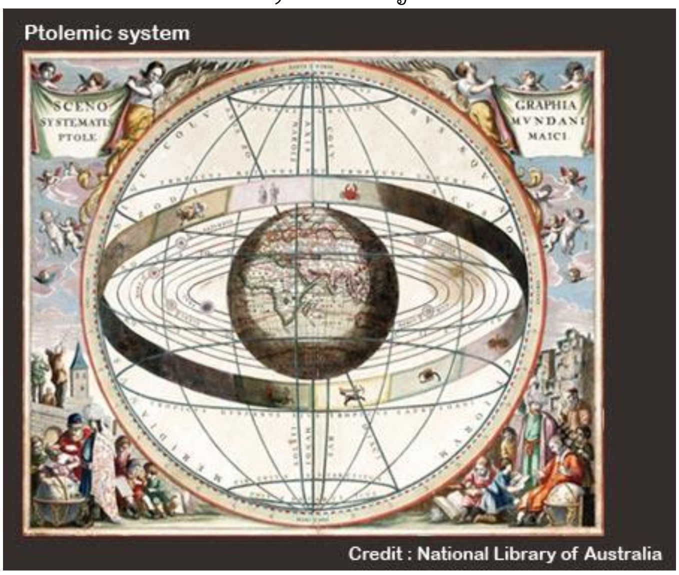
KRU NAKIN

เวลาต่อมา Aristotle นักปราชญ์ชาวกรีซ ก่อนคริสตกาล 322-384 ปี มีอิทธิพลต่อนักปราชญ์ชาวกรีซ ด้วยมีความก้าวหน้า ได้ทดลองตรวจสอบและให้เหตุผลว่าโลกกลมอยู่ใจกลางจักรวาล ล้อมรอบด้วย ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวเคราะห์โดยดาวที่ล้อมรอบด้านนอกทั้งหมด มีตำแหน่งที่แน่นอน (Fixed stars) หมุนในทรงกลม (Sphere) ภายหลังนักดาราศาสตร์ชาวกรีซชื่อ Aristarchus จัดทำ Modelแสดงแบบตรงกันข้ามกับ Aristotle โดยมีดวงอาทิตย์ เป็นจุดศูนย์กลางให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มากกว่า แต่กลับไม่ค่อยมีผู้เห็นด้วยมากนัก

เมื่อ Ptolemy นักปราชญ์ชาวกรีซ เป็นผู้รอบรู้หลายด้าน เช่น นักคณิตศาสตร์ นักภูมิศาสตร์ และนักดาราศาสตร์ ได้เผยแพร่งานผลสรุป ตำราด้านดาราศาสตร์ ชื่อ Almagest ในราว ค.ศ. 140 เป็นเรื่องที่ประหลาด ที่ใช้ข้อมูลสารานุกรมเดิม วิทยาศาสตร์โบราณ Babylonia สำรวจการเคลื่อนไหวของดาวเคราะห์ สนับสนุนว่า โลกเป็นจุดศูนย์กลางจักรวาล โดยระบบที่วงกลมซ้อนในวงกลมเป็นเรื่องที่มีความน่าพิศวง ถึงระเบียบแบบแผนพัวพันกัน รู้จักกันในชื่อ Ptolemic system มีหมู่ดาว 48 กลุ่มและจัดทำ Astronomical tables (ตารางดาราศาสตร์) Star catalogue (บัญชีรายชื่อดาว) มีผลงานคำนวณ ระบบดาวเคราะห์ (Planetary Hypotheses) ทางคณิตศาสตร์ ให้เกิดความเป็นจริง ด้านกายภาพ เรื่องขอบเขตจักรวาล แสดงทรวดทรงและมิติที่คำนวณได้ นับว่านำมาใช้กับเครื่องมือ ดาราศาสตร์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เรียกว่า HandyTables (ตารางคู่มือ) บันทึกข้อมูลระบบดาวที่ต้องการ เช่น ตำแหน่งดาวอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ กลุ่มดาว ซึ่งเป็นแบบแผนมาทุกวันนี้



Ptolemy นักปราชญ์ชาวกรีซ



Ptolemic system แสดงแนวคิดว่า โลกอยู่จุดศูนย์กลาง
ล้อมรอบด้วยดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์และหมู่ดาว 48 กลุ่ม



Nicholas Copernicus

เส้นทางก้าวเข้าสู่ดาราศาสตร์ยุคกลาง

มากกว่า 1,400 ปี หลังจากยุคของ Ptolemy จึงได้เกิดพัฒนาการที่มีสาระสำคัญจาก 4 นักดาราศาสตร์ อีกครั้ง เรียกว่ายุค Renaissance Astronomy (การฟื้นฟูวิทยาการในทวีปยุโรป ระหว่าง ศตวรรษที่ 14-16)

Copernicus สมยานามว่า ผู้วางรากฐานดาราศาสตร์

นักดาราศาสตร์ชาว Polish ชื่อ Nicholas Copernicus (ค.ศ.1473-1543) จัดทำModern heliocentric model (ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางระบบสุริยะ) ขึ้นจากข้อผิดพลาดเดิมที่แสดงใน Ptolemaic model ของ Ptolemy นักปราชญ์ชาวกรีซ ให้ถูกต้องใหม่ในส่วนที่พิสูจน์ได้ มีแนวคิดใหม่ก้าวหน้ามาก อธิบายว่าดวงอาทิตย์เป็น ศูนย์กลางของระบบสุริยะดาวเคราะห์อื่น และโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ใช้เวลา 365 วัน ทำให้เกิดฤดูกาลนอกจากนั้นยังยืนยันว่า โลกมีสัณฐานกลมไม่ได้แบน อย่างที่เข้าใจกันมาก่อนหน้านี้ โดยหมุนรอบตัวเอง 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดกลางวันและกลางคืน ดาวเคราะห์ทั้งหมด โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นไปในลักษณะวงกลม (ภายหลังมีข้อสรุปใหม่เป็นวงรี โดยนักดาราศาสตร์ ชาวเยอรมันชื่อ Johanes Kepler)ส่วนสำคัญของ Model ยังยึดหลักเส้นรอบวงรูปแบบเดิมของ Ptolemaic modelแต่ได้ใช้ความระมัดระวังแก้ไข ระยะทางความห่างกันของดาวเคราะห์ ตามหน่วยวัด AU (หน่วยวัดระยะทางดาราศาสตร์ในระบบสุริยะ) โดยแสดงเงื่อนไข การโคจรเคลื่อนไหวถอยหลัง (Retrograde motion) ของดาวเคราะห์ ผลงานชิ้นเอก Nicolaus เรียกว่า On the Revolution of the CelestialSpheres หมายถึง การปฏิวัติมุ่งมองใหม่ของมนุษย์สู่จักรวาล แบบวิทยาศาสตร์ แต่รูปแบบคำอธิบายจาก Copernicus' model ไม่แพร่หลายยอมรับทำให้เป็นปรปักษ์กับศาสนา (Catholic church) ที่มีความเชื่อว่าพระเจ้าเป็นผู้ให้กำเนิดจักรวาลจึงถูกจำกัดวงความคิดไม่มีสถานที่ใดเปิดโอกาสให้โต้แย้งในความคิดดังกล่าว ซึ่งได้เปิดเผยหลังจากที่ Nicolaus ได้เสียชีวิตแล้ว

Tycho Brahe

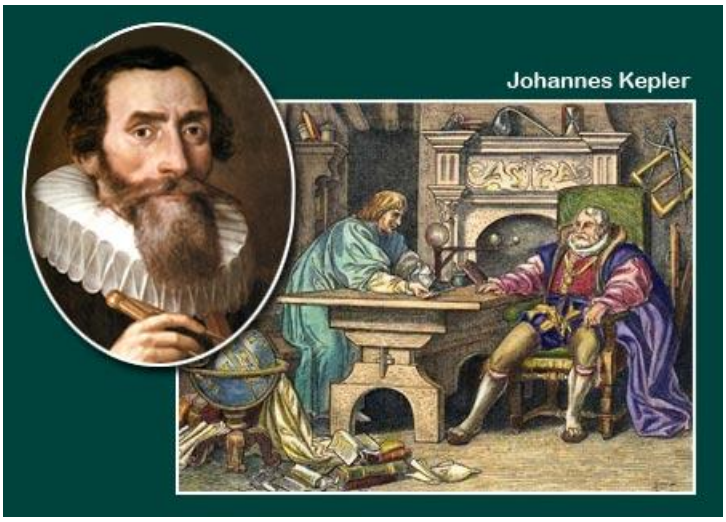


Tycho สมยานามว่า ผู้รวบรวมข้อมูลดาราศาสตร์

นักดาราศาสตร์ชาว Danish ชื่อ Tycho Brahe (ค.ศ.1546-1601) เป็นผู้ริเริ่มใช้กล้องแบบ Telescope astronomer (กล้องดูดาวระยะไกล) ทำให้สำรวจพบกลุ่ม Supernova ในหมู่ดาว Cassiopeia เมื่อ ค.ศ.1572 โดยคิดว่าเป็นดาวใหม่ ทำให้มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักต่อมาสำรวจ ดาวหาง ในปี ค.ศ. 1577 พิสูจน์ว่าดาวหางเดินทางเร็วกว่าดวงจันทร์และไม่ใช่วัตถุในชั้นบรรยากาศของโลก มีผลงานจัดทำ รวบรวมข้อมูลบัญชีรายชื่อดาว 777 ดวง อย่างละเอียดลออ แก้ไขปรับปรุงอย่างมีหลักเกณฑ์ พร้อมกันนั้นได้สร้างหอดูดาว Uranienborg (The Castle of Urania) ด้วยมีการพัฒนาเครื่องมือ ด้านดาราศาสตร์จัดทำระเบียบแบบแผน หลักเกณฑ์ การดูดาวด้วยตาเปล่า เพื่อการทำบันทึกที่มีความละเอียดขึ้น



หอดูดาว Uranienborg (The Castle of Urania)



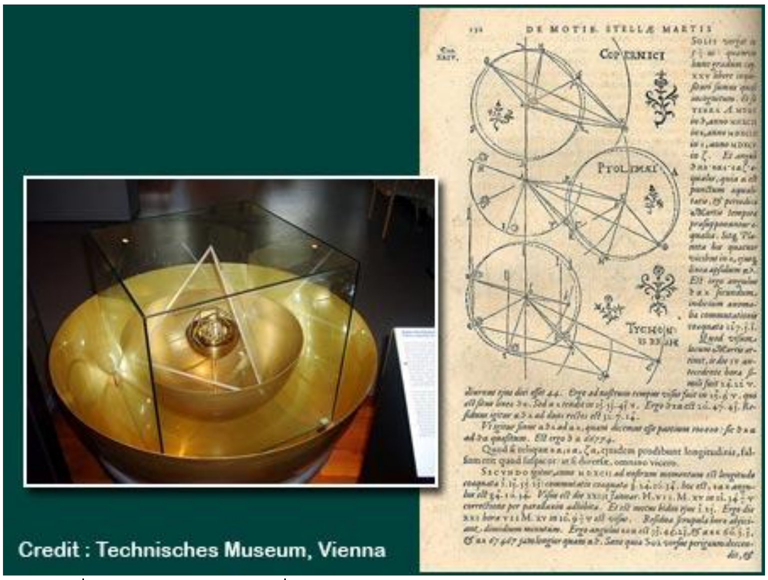
Johannes Kepler

Kepler สมยานามว่า ผู้สำรวจระบบสุริยะ

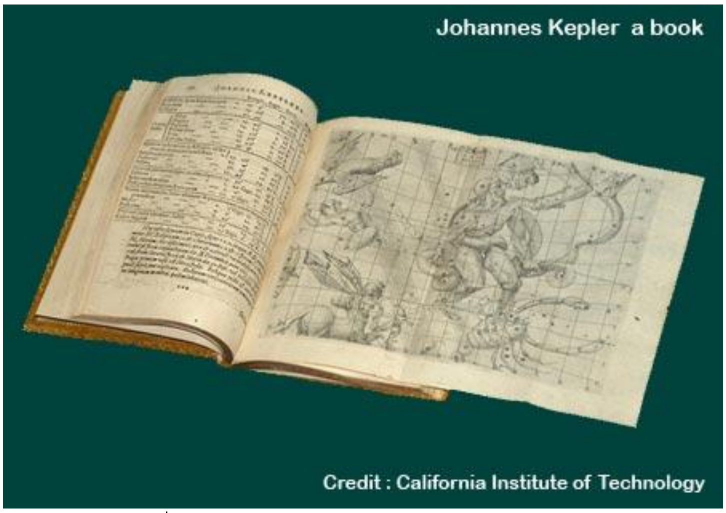
นักดาราศาสตร์ชาว German ชื่อ Johannes Kepler (ค.ศ.1571-1630) ทดลองใช้คำอธิบายข้อมูล ของ Tycho's data เรื่องดาวอังคาร ในการสำรวจและพัฒนาด้วยการสังเกต ซึ่งเป็นที่ยอมรับเป็นพื้น ฐานในระบบสุริยะทุกวันนี้ เช่น ระยะเวลาการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ที่แตกต่างกัน และสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์

จัดทำบัญชีรายชื่อดาวต่อจาก Tycho Brahe (เดิมที่มีอยู่ 777 ดวง) เพิ่มอีก 228 ดวง รวม 1,005 ดวง ใช้เวลานานถึง 27 ปีและวางกฎเกณฑ์ Laws of planetary motion (กฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์) ไว้ 3 ประการคือ

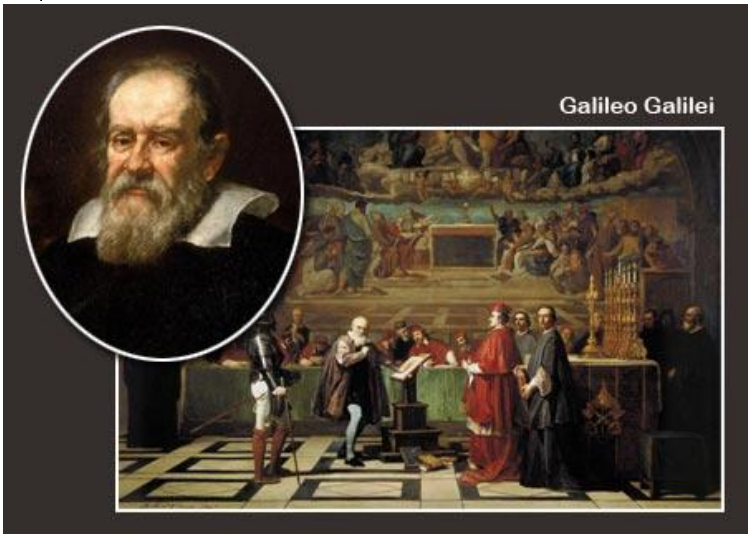
1. เกี่ยวกับวงโคจร : วงโคจรของดาวเคราะห์ทุกดวงเป็นวงรีมีดวงอาทิตย์เป็นจุดศูนย์กลาง
2. เกี่ยวกับอาณาเขตพื้นที่ : ขณะที่ดาวเคราะห์เคลื่อนตัวไปในวงโคจรเส้นตรงที่เชื่อมระหว่าง ดาวเคราะห์กับดวงอาทิตย์ มีพื้นที่โดยรอบเท่ากันระยะเวลาเท่า กัน (และเคลื่อนเร็วขึ้นเมื่อใกล้ดวงอาทิตย์)
3. เกี่ยวกับระยะทาง : กำลังสองของคาบวงโคจรของดาวเคราะห์เป็นสัดส่วนกับกำลังสามของระยะทาง



เครื่องมือและบันทึก เกี่ยวกับระบบสุริยะของ Johannes Kepler

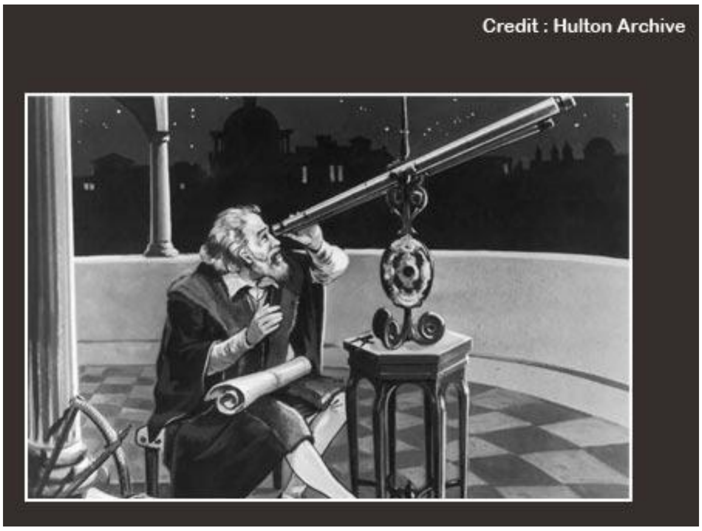


Johannes Kepler บันทึกเรื่องการสำรวจ De Stella Nova ไว้ในปี ค.ศ. 1604 มีเพียง 35 เล่ม



Galileo สมยานามว่า สำรวจและตอบสนองต่อแนวคิด Aristotle

นักดาราศาสตร์ชาว Italian ชื่อ Galileo Galilei (ค.ศ.1564-1642) ได้ริเริ่มมีแนวคิดเรื่อง แรงเฉื่อย (Concept of inertia) ซึ่งอดีต Aristotle นักปราชญ์ชาวกรีซเคยกล่าวถึง ผลงานโด่งดังคือ Pendulum (กฎการแกว่งของนาฬิกาลูกตุ้ม) และแพร่เผยงานเขียนเรื่อง Hydrostatic Balance (เกี่ยวกับตาชั่ง) และ Center of Gravity of Solid (จุดศูนย์ถ่วงของของแข็ง) มีการทดลองค้นคว้า หลักเกณฑ์เรื่อง Dynamic(พลศาสตร์) ค.ศ.1609 ได้ใช้กล้อง Telescopes ที่สร้างและปรับปรุง ทำให้สำรวจดาวใน Milky Way และ Little stars (ดวงจันทร์ของดาวพฤหัส) พบจุดดับบนดวงอาทิตย์ และพบว่าดวงจันทร์มีผิวไม่เรียบ การสำรวจระยะวงโคจรดาวศุกร์ ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังสำรวจพบวงแหวนดาวเสาร์ กระทั่งดาวเคราะห์อื่นที่แทบไม่เห็นแสงและเป็นผู้สรุปว่า ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ผลงานช่วงสุดท้ายของชีวิต เฝ้ามองดูการเคลื่อนไหวของดวงจันทร์พบว่าดวงจันทร์ใช้เวลา 15 วันในการโคจรรอบโลก โดยข้อเท็จจริง 4 ท่านที่กล่าวมานั้น มีความรอบรู้ในแขนงต่างๆอีกมากมาย มิใช่เพียงแต่เป็น นักดาราศาสตร์เท่านั้น แต่ได้รับการยกย่อง เป็นผู้มีคุณูปการต่อการฟื้นฟูวิทยาการในทวีปยุโรป และเป็นที่ย่อมรับทั่วโลกในเวลาต่อมา

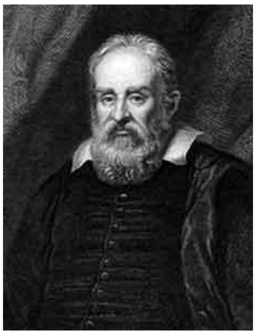


ปัจจุบันข้อมูลจากการสังเกตของ Galileo Galilei มีประโยชน์ต่อนักดาราศาสตร์ในหลายเรื่อง

บทที่ 2

ประวัตินักดาราศาสตร์

กาลิเลโอ กาลิเลอี(ค.ศ. 1564 – 1642)



กาลิเลโอ นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ได้สร้างผลงานสำคัญทางคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และดาราศาสตร์ โดยกาลิเลโอเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกๆ ที่ใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ และที่สำคัญที่สุด กาลิเลโอเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ใช้กล้องโทรทรรศน์ในการสำรวจและทดลองทาง ดาราศาสตร์ ซึ่งผลงานด้านดาราศาสตร์ได้ส่งผลให้กาลิเลโอต้องเผชิญหน้ากับศาสนจักร ในประเด็นที่กาลิเลโอได้ทำการทดลอง และสนับสนุนแนวความคิดของโคเปอร์นิคัสที่ระบุว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของ ระบบสุริยะจักรวาล ซึ่งทำให้กาลิเลโอถูกพิพากษาและจำคุกในขณะที่มีอายุค่อนข้างมาก (69 ปี) แต่ภายหลังได้รับการลดหย่อนโดยถูกกักขังให้อยู่ภายในบริเวณบ้านจนกระทั่ง เสียชีวิตลงในวัย 78 ปี

วัยเยาว์ของกาลิเลโอ

กาลิเลโอเกิดที่เมืองปิซา ประเทศอิตาลี ในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1564 ในวัยเยาว์กาลิเลโอเป็นเด็กที่สนุกสนานร่าเริงตามอุปนิสัยของบิดาผู้ซึ่ง เป็นนักดนตรีที่มี อย่างไรก็ตาม กาลิเลโอเองก็ได้รับอิทธิพลบางอย่างมาจากบิดาเช่นกัน โดยเฉพาะด้านความคิดที่ค่อนข้างดื้อรั้น เนื่องจากบิดาของกาลิเลโอมีอุปนิสัยในเชิงความคิดก้าวหน้า และมักจะไม่ลงรอยกับกลุ่มบุคคลผู้มีอิทธิพลด้านวิชาการทางดนตรีที่มักจะมี นิสัยใจแคบและไม่ยอมรับผลงานของผู้อื่น ซึ่งอุปนิสัยดังกล่าวได้ปรากฏขึ้นอย่างชัดเจนในผลงานระยะหลังของกาลิเลโอเอง

กาลิเลโอเรียนเริ่มต้นเรียนหนังสืออยู่ที่บ้านโดยมีบิดาและครู พิเศษเป็นผู้สอน จนกระทั่งอายุได้ 11 ปี ครอบครัวของกาลิเลโอได้ย้ายไปที่เมืองฟลอเรนซ์

วัยศึกษา

ในปี 1581 เมื่อมีอายุได้ 17 ปี กาลิเลโอได้เข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัยปิซา ในสาขาแพทย์ตามความประสงค์ของบิดา เนื่องจากเป็นอาชีพที่สามารถสร้างความมั่งคั่งให้กับครอบครัวได้ แต่หลังจากเข้าเรียนเพียงไม่กี่เดือน กาลิเลโอค้นพบว่าตนเองชอบเรียนคณิตศาสตร์มากกว่า ทำให้กาลิเลโอขัดแย้งกับบิดา และกาลิเลโอได้ตัดสินใจเลือกที่จะเรียนคณิตศาสตร์ตามความประสงค์ของตนเอง

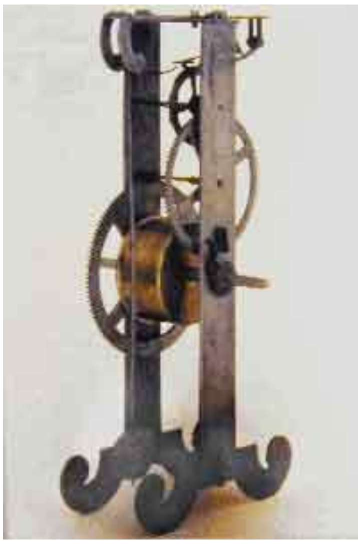


ในขณะที่เป็นนักศึกษา โดยทั่วไปแล้ว กาลิเลโอเป็นนักศึกษาที่อ่อนน้อมและมีระเบียบวินัยดี แต่เมื่อไรก็ตาม ที่มีประเด็นที่จะต้องแสดงความคิดเห็นในด้านคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ โดยไม่ว่าจะเป็นในห้องเรียนหรือในกลุ่มเพื่อน กาลิเลโอจะมีบุคลิกที่เปลี่ยนไปเป็นอีกแบบ โดยกาลิเลโอจะไม่ลังเลที่จะแสดงความคิดเห็นหรือโต้แย้งในประเด็นต่างๆ ที่เขาคิดว่าไม่มีความชัดแจ้งหรือไม่เป็นไปในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิธีปฏิบัติของนักปราญช์ชาวกรีกที่ใช้กระบวนการทางตรรกวิทยามา อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยไม่มีการทดลอง ซึ่งกาลิเลโอมองว่าไม่ถูกต้อง โดยเรื่องดังกล่าวถือว่าเป็นประเด็นที่อันตรายมากในสมัยนั้น เนื่องจากศาสนจักรมีความเชื่อในสิ่งที่อริสโตเติลได้นำเสนอไว้ ซึ่งหลักการต่างๆ จะสัมพันธ์กับสิ่งอื่นๆ จนเป็นระบบ ดังนั้นถ้าหลักการใดหลักหนึ่งในระบบดังกล่าวผิดไป จะส่งผลทำให้เกิดความกังขาและความไม่ศรัทธาต่อสิ่งที่อริสโตเติลได้นำเสนอ ไว้ทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลต่อความเชื่อและศรัทธาในศาสนจักร โดยพื้นฐานแล้ว กาลิเลโอเป็นคาทอลิกที่ค่อนข้างเคร่ง (ถึงแม้ว่าช่วงปั้นปลายของชีวิตจะมีความขัดแย้งกับศาสนจักร) เขาจะไปโบสถ์ทุกอาทิตย์

การค้นพบกฎลูกตุ้มนาฬิกา

ในขณะที่มีอายุได้ 19 ปี กาลิเลโอได้เดินทางไปที่โบสถ์เพื่อสวดมนต์ในเช้าวันอาทิตย์หนึ่งในปี 1583 ในขณะที่ฟังการเทศน์ของบาทหลวง กาลิเลโอได้สังเกตบนเพดานของโบสถ์ พบว่ามีโคมไฟแกว่งไปมา ซึ่งกาลิเลโอสังเกตว่าการแกว่งของโคมไฟจะมีระยะ ที่สั้นบ้างยาวบ้างตามความแรงของลมที่พัดเข้ามาในโบสถ์ แต่ "เวลาที่ใช้ในการแกว่งไปมาจนครบหนึ่งรอบนั้นเสมือนว่าจะใช้เวลาเท่ากัน"





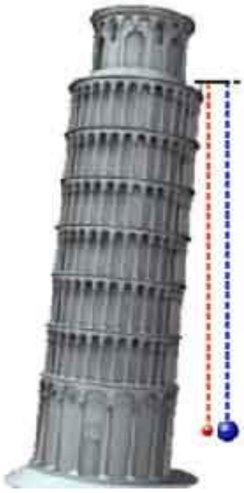
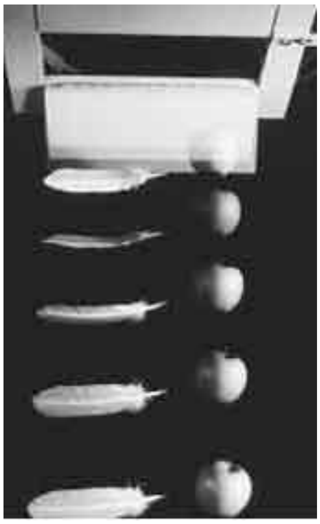
กาลิเลโอได้ทำการทดลองการแกว่งดังกล่าวในห้องทดลอง และ ได้ข้อสรุปซึ่งเป็นที่มาของกฎลูกตุ้ม "ไม่ว่าลูกตุ้มจะมีความยาวหรือสั้น เวลาการแกว่งจนครบหนึ่งรอบจะมีค่าเท่ากัน" การค้นพบของกาลิเลโอในครั้งนั้น ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนานาฬิกาที่มีความเที่ยงตรง

เริ่มต้นการทำงานและการทดลองที่หอเอนปิซา

หลังจากจบการศึกษาจากมหาวิทยาลัยปิซาในปี 1585 กาลิเลโอได้เริ่มต้นทำงานเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ให้กับบุตรหลานของครอบครัว ที่ร่ำรวย พร้อมกับดำเนินงานวิจัยส่วนตัวในด้านฟิสิกส์และคณิตศาสตร์

จนกระทั่งในปี 1589 (อายุ 25 ปี) กาลิเลโอได้รับโอกาสเข้าทำงานเป็นอาจารย์ในตำแหน่งศาสตราจารย์ทางด้านคณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยปิซา โดยผ่านความช่วยเหลือจากกลุ่มเพื่อนที่ค่อนข้างมีอิทธิพล และที่มหาวิทยาลัยแห่งนี้ กาลิเลโอได้ทำการทดลองครั้งสำคัญในปี 1591 (ที่ต่อมาภายหลังได้รับการยอมรับและมีชื่อเสียงมาก) เพื่อพิสูจน์ว่าทฤษฎีการตกของวัตถุที่นำเสนอโดยอริสโตเติลนั้นไม่ถูกต้อง โดยอริสโตเติลได้นำเสนอว่า วัตถุที่มีมวลต่างกัน เมื่อปล่อยให้ตกลงมา วัตถุที่หนักจะตกถึงพื้นก่อน

กาลิเลโอได้ทำการปล่อยวัตถุที่มีมวลต่างกัน 2 ชิ้น จากยอดหอเอนปิซา ในเวลาพร้อมกัน ซึ่งวัตถุดังกล่าวดังกล่าวได้ตกลงมาภายใต้แรงโน้มถ่วงโลก และถึงพื้นเกือบจะพร้อมๆ กัน ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าความคิดของอริสโตเติลนั้นไม่ถูกต้อง

มหาวิทยาลัยปาดัว

ในช่วงปลายปี 1591 (อายุ 27 ปี) กาลิเลโอได้เผชิญกับปัญหาหลายด้าน เริ่มต้นจากการสูญเสียบิดาและไม่ได้รับการต่อสัญญาการทำงานที่มหาวิทยาลัยปิ ซา เนื่องจากผู้บริหารของมหาวิทยาลัยได้ตระหนักถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากความ คิดเห็นของกาลิเลโอที่ขัดแย้งกับความเชื่อของศาสนจักรที่นำเสนอโดยอริสโต เติล

โดยความช่วยเหลือจากกลุ่มเพื่อนที่สนิท ทำให้กาลิเลโอได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ทางด้านคณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยปา ดัว ในปี 1592 (มีชื่อเสียงและได้รับค่าตอบแทนที่สูงกว่าที่มหาวิทยาลัยปิซา) กาลิเลโอได้สอนวิชาเรขาคณิต กลศาสตร์ และดาราศาสตร์ พร้อมทั้งผลิตงานวิจัยหลายชิ้น โดยเฉพาะด้านกลศาสตร์ ซึ่งกาลิเลโอได้ศึกษาว่าการเคลื่อนที่ของกระสุนปืนใหญ่เป็นเส้นโค้ง โดยเกิดจากแรงขับยิงเริ่มต้นและแรงโน้มถ่วงของโลก

กล้องโทรทรรศน์ อุปกรณ์ที่นำไปสู่การสำรวจดวงดาวบนท้องฟ้า

ในช่วงกลางปี 1609 (อายุ 45 ปี) กาลิเลโอทราบข่าวว่ามีช่างทำแว่นตาชาวดัตช์ชื่อ ฮันส์ ลิพเพอร์ชีย์ได้ประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ขึ้น (ในปี 1608) กาลิเลโอจึงได้สร้างกล้องขึ้นจากคำอธิบายที่ลิพเพอร์ชีย์ได้จดสิทธิบัตรไว้ และโดยต่อมา กาลิเลโอได้พัฒนาให้กล้องโทรทรรศน์มีกำลังขยายถึง 32 เท่า

กาลิเลโอได้ใช้กล้องโทรทรรศน์ในการสำรวจดวงดาวบนท้องฟ้า โดยได้พบว่าพื้นผิวของดวงจันทร์มิได้ราบเรียบดังที่อริสโตเติลกล่าวไว้ นอกจากนี้ กาลิเลโอยังได้ค้นพบดวงจันทร์ 4 ดวงโคจรรอบดาวพฤหัสบดี และค้นพบวงแหวนของดาวเสาร์ รวมไปถึงจุดมืดบนดวงอาทิตย์



กล้องโทรทรรศน์ของกาลิเลโอ

หลังจากการสังเกตดาวเคราะห์อยู่หลายเดือน กาลิเลโอได้ค้นพบว่าดาวเคราะห์ดวงต่างๆ โคจรรอบดวงอาทิตย์ มิใช่โคจรรอบโลกตามคำสอนของศาสนา

ขัดแย้งกับศาสนจักร

ในปี 1610 (อายุ 46 ปี) กาลิเลโอได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ starry messenger เพื่อเผยแพร่ผลงานที่ตนเองค้นคว้าด้านดาราศาสตร์สู่สาธารณชน ซึ่งทำให้ผู้ที่เคร่งในคำสอนของศาสนจักรต่างพากันไม่พอใจและตั้งกลุ่มต่อ ต้านกาลิเลโอขึ้นและนำไปสู่การเรียกตัวกาลิเลโอไปยังกรุงโรมในปี 1615 (อายุ 51 ปี) โดยครั้งนั้น กาลิเลโอถูกบังคับให้ถอนคำสนับสนุนตามทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส ที่ว่าด้วยดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยจักรวาล โดยมีดาวเคราะห์ต่างๆ รวมทั้งโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ กาลิเลโอยังถูกบังคับมิให้สอนและเผยแพร่ทฤษฎีใดๆ ก็ตามที่ขัดแย้งกับคำสอนทางศาสนา



หนังสือ starry messenger

ในปี 1618 (อายุ 54 ปี) ได้มีดาวหางปรากฏขึ้นบนท้องฟ้าถึง 3 ดวง และมีนักบวชได้อ้างว่าเส้นทางโคจรของดาวหางดังกล่าวเป็นเส้นตรง พร้อมกับนำเสนอให้สัมพันธ์กับความคิดของอริสโตเติลที่เน้นว่าโลกเป็นศูนย์ กลางของระบบสุริยจักรวาล ทำให้กาลิเลโอทนไม่ได้ที่จะต้องโต้แย้งในประเด็นดังกล่าว กาลิเลโอจึงเขียนหนังสือชื่อ The Assayer เพื่ออธิบายเส้นทางการโคจรของดาวหางที่ปรากฏขึ้นถึง 3 ดวงในปีดังกล่าว ซึ่งการอธิบายดังกล่าวได้ใช้ทฤษฎีของโคเปอร์นิคัสพร้อม

กับการสังเกต ผ่านกล้องโทรทรรศน์ รวมทั้งได้ใช้คณิตศาสตร์ ซึ่งได้ผลลัพธ์อย่างชัดเจนว่า ดาวหางมิได้โคจรเป็นเส้นตรง แต่เป็นเส้นโค้ง

จากเหตุข้างต้น กาลิเลโอถูกเรียกตัวมาที่กรุงโรมอีกครั้งในปี 1624 (อายุ 60 ปี) และในครั้งนี้องค์พระสันตปาปาเออร์บันที่ 8 ทรงโกรธมาก แต่กลุ่มมิตรสหายของกาลิเลโอที่มีทั้งขุนนาง ผู้ร่ำรวย และนักวิทยาศาสตร์ ได้ช่วยเหลือให้องค์พระสันตปาปาคลายความโกรธลง โดยเสนอให้กาลิเลโอยอมลงนามในคำตัดสินว่า กาลิเลโอจะต้องไม่สอนและเผยแพร่ทฤษฎีของโคเปอร์นิคัสอีกต่อไป ซึ่งองค์พระสันตปาปาทรงยอมรับ และทรงมีสิ่งเพิ่มเติม โดยอนุญาตให้กาลิเลโอเขียนหนังสือในลักษณะของการโต้แย้งกันระหว่างบุคคลที่ สนับสนุนและต่อต้านทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส และที่สำคัญที่สุด กาลิเลโอจะต้องสรุปว่าทฤษฎีของโคเปอร์นิคัส เป็นสิ่งที่ผิด



ปกหนังสือ The Assayer

เผชิญพายุลูกใหญ่: ถูกกักขังตลอดชีวิต

กาลิเลโอตีพิมพ์หนังสือบทสนทนาดังกล่าวในปี 1632 (อายุ 68 ปี) ภายใต้ชื่อ The Dialogue of the two Principal Systems of the World ถึงแม้ว่าหนังสือเล่มดังกล่าวจะเป็นบทสนทนาที่โต้ตอบกันในเรื่องทฤษฎีปโตเล มี (ยึดถือตามความเชื่อของอริสโตเติล) และทฤษฎีโคเปอร์นิคัส โดยกาลิเลโอพยายามหลีกเลี่ยงว่าเขามิได้สนับสนุนทฤษฎีโคเปอร์นิคัสเลย เพียงแต่เป็นผู้วิจารณ์เปรียบเทียบเท่านั้น แต่เมื่อพระชั้นผู้ใหญ่ในศาสนจักรรวมทั้งองค์พระสันตปาปาเออร์บันที่ 8 ได้ทรงอ่านหนังสือเล่มดังกล่าวแล้ว มีความคิดเห็นตรงกันว่า กาลิเลโอยังคงสนับสนุนทฤษฎีโคเปอร์นิคัสอยู่ จึงเป็นเหตุให้กาลิเลโอถูกเรียกเข้ากรุงโรมอีกครั้ง

เดือนเมษายน ปี 1633 (อายุ 69 ปี) กาลิเลโอถูกนำตัวขึ้นศาลศาสนาเพื่อพิจาณาโทษทัณฑ์ กาลิเลโอในวัยชราถูกปฏิบัติเหมือนกับว่าเป็นอาชญากร กลุ่มเพื่อนๆ ของกาลิเลโอได้ช่วยเกลี้ยกล่อมให้องค์พระสันตปาปาลดโทษของกาลิเลโอจากการ ประหารชีวิตลงเหลือเป็นการจำคุกตลอดชีวิต ถึงแม้ว่ากาลิเลโอมิได้ถูกทรมานตามกฎเกณฑ์ที่ใช้กับผู้ที่ต่อต้านศาสนาในขณะ ถูกจองจำ แต่กาลิเลโอก็ถูกคุกคามโดยตลอดในช่วงระหว่างการพิจารณาคดี ซึ่งในห้วงเวลาต่อมากาลิเลโอได้ถูกลดโทษลง โดยถูกควบคุมในบ้านหลังหนึ่งใกล้เมืองฟลอเรนซ์ตลอดชั่วชีวิต ไม่อนุญาตให้ออกนอกบ้าน ผลงานและหนังสือที่เขียนโดยกาลิเลโอเป็นของต้องห้าม บุคคลใดครอบครองจะมีโทษประหารชีวิต การเข้าเยี่ยมของญาติหรือเพื่อนจะต้องได้รับอนุญาตจากกรุงโรมเท่านั้น นอกจากนี้ จดหมายที่ส่งถึงกาลิเลโอ หรือกาลิเลโอเขียนถึงใครจะต้องถูกตรวจสอบก่อน





นักวิทยาศาสตร์เอกของโลกผู้ไม่ย่อท้อ

ในช่วงระหว่างที่ถูกกักขังตลอดชีวิต กาลิเลโอได้เขียนหนังสือเล่มใหม่ชื่อ Two New Sciences ซึ่งอธิบายถึงวิทยาศาสตร์สมัยใหม่สองแขนง โดยส่วนแรกอธิบายถึงด้านกลศาสตร์ อาทิเช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุและแรงกระทำต่อวัตถุ ส่วนที่สองอธิบายถึงคุณสมบัติของสสาร หนังสือเล่มถูกพิมพ์ขึ้นนอกประเทศอิตาลีในปี 1638 (อายุ 74 ปี) ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าอัศจรรย์ว่าผลงานของไอแซค นิวตัน เป็นแนวทางเดียวกับกาลิเลโอได้คิดทิ้งไว้

หลังจากเขียนหนังสือเล่มดังกล่าวเสร็จสิ้นลง ดวงตาทั้งสองข้างของกาลิเลโอก็บอดลง ถึงแม้ว่าจะตาบอดทั้งสองข้าง กาลิเลโอยังคงทำงานด้านวิทยาศาสตร์ต่อไป โดยมีลูกศิษย์เป็นผู้ช่วยในการทำการสังเกตและรายงานผลของการสังเกต เพื่อให้กาลิเลโอได้วิเคราะห์และดำเนินงานวิจัยต่อ

กาลิเลโอได้เสียชีวิตลงในเดือนมกราคม ปี 1642 โดยมีอายุได้ 77 ปี

ทิโค บราห์ (ค.ศ. 1546 – 1601)



ทิโค บราห์ นักดาราศาตร์ชาวเดนมาร์ก ได้สร้างผลงานทางดาราศาสตร์ไว้มากมาย โดยเฉพาะบันทึกตำแหน่งดวงดาวบนท้องฟ้าที่ทิโคได้บันทึกไว้ร่วม 40 ปี ซึ่งบันทึกดังกล่าวเปรียบเสมือนมรดกอันล้ำค่าที่โยฮันเนส เคปเลอร์ (ผู้ซึ่งเป็นผู้ช่วยของทิโค) ได้ครอบครองหลังจากทิโคได้เสียชีวิตลงอย่างกระทันหันและเป็นการเสียชีวิตที่ เป็นปริศนาจนถึงปัจจุบันว่าเป็นการฆาตกรรมหรือการเสียชีวิตอย่างกระทันหัน รวมไปถึงข้อสงสัยที่ว่าเคปเลอร์ได้เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิต ของทิโคหรือไม่

บันทึกของทิโคได้ระบุตำแหน่งดวงดาวบนท้องฟ้าไว้ถึง 777 ดวง และมีความแม่นยำที่สูงมากในยุคสมัยนั้นซึ่งยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์ โดยที่ทิโคเองได้ประดิษฐ์เครื่องมือวัดจำนวนหลายชิ้น รวมทั้งสร้างหอดูดาวยูเรนิเบิร์กอันโด่งดัง

เพื่อให้การสังเกตการณ์ดวงดาวบน ท้องฟ้ามีความถูกต้องสูง ซึ่งในเวลาต่อมาหลังจากที่เคปเลอร์ได้ครอบครองบันทึกดังกล่าว เคปเลอร์ได้ใช้ข้อมูลจากบันทึกของทิโคมาสร้างกฎ 3 ข้อที่ว่าด้วยการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ (Kepler's three laws of planetary motion) ซึ่งเป็นกฎพื้นฐานที่สำคัญทางดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์ด้านอวกาศ

ในยุคของทิโค บราห์นั้น เป็นที่ยอมรับว่า ทิโค บราห์เป็นนักดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงมากที่สุด กระทั่งเคปเลอร์เองก็ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยของทิโค อย่างไรก็ตาม แบบจำลองจักรวาลของทิโคกลับมีข้อผิดพลาดและไม่ตรงกับความเป็นจริงที่เราทราบ กันในปัจจุบัน โดยแบบจำลองดังกล่าวผสมผสานระหว่างแบบจำลองของโคเปอร์นิคัสและของปโตเลมี

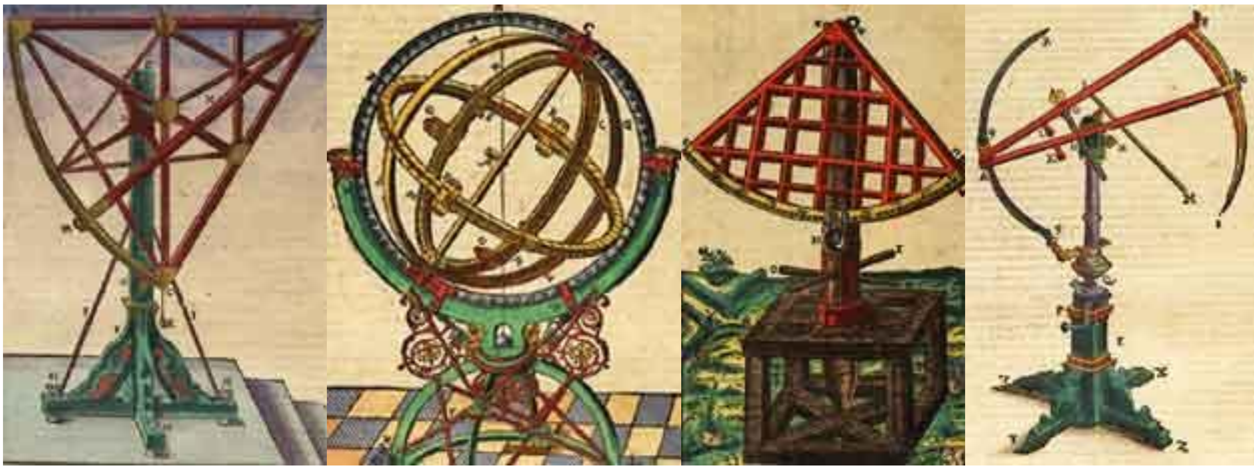
วัยเยาว์ของทิโค

ทิโค บราห์ เกิดในตระกูลชนชั้นสูงที่มีฐานะดีในปี 1546 หลังจากโคเปอร์นิคัสเสียชีวิตลง 3 ปี บิดาของทิโคดำรงตำแหน่งขุนนางชั้นสูงในราชสำนักของกษัตริย์เดนมาร์ก ส่วนมารดาของทิโคก็สืบเชื้อสายมาจากตระกูลชั้นนำของเดนมาร์ก ครอบครัวของทิโคมีบุตร 4 คน โดยเป็นหญิง 2 คน ส่วนทิโคและน้องชายเป็นฝาแฝด แฝดผู้น้องของทิโคได้เสียชีวิตลงหลังจากที่ได้กำเนิดไม่นาน

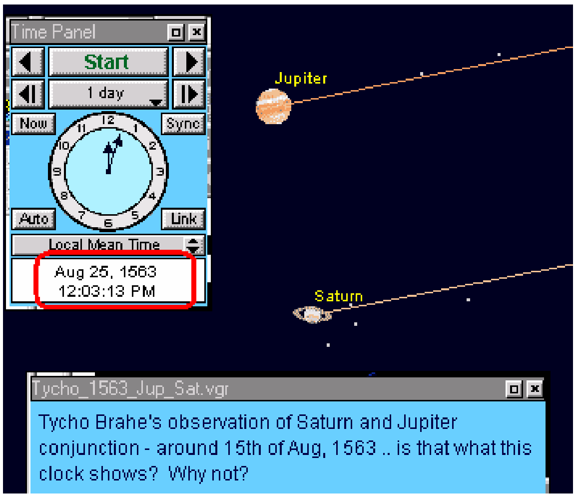
ในวัยเยาว์ของทิโค ครอบครัวลุงของทิโคดำรงตำแหน่งขุนนางชั้นสูงและมีฐานะดีแต่ไม่มีบุตร จึงได้ขอทิโคไปเลี้ยงดูตั้งแต่อายุ 2 ขวบ ในปี 1559 ซึ่งทิโคอายุเพียง 12 ขวบได้เข้ารับการศึกษาด้านกฎหมายตามความประสงค์ของลุงที่มหาวิทยาลัย โคเปนเฮเกน นอกจากวิชาด้านกฎหมายแล้ว ทิโคยังได้สนใจศาสตร์ด้านอื่นๆ อีกด้วย โดยเฉพาะศาสตร์ด้านดาราศาสตร์ ซึ่งในห้วงเวลาดังกล่าว ได้เกิดสุริยปราคราขึ้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 1960 โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวได้มีผู้คำนวณและทำนายไว้ล่วงหน้า ซึ่งการทำนายว่าจะเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวได้สร้างความประทับใจและสร้าง แรงกระตุ้นให้แก่ทิโคทำการศึกษาและค้นคว้าในเรื่องดาราศาสตร์อย่างจริงจัง

ศึกษาดาราศาสตร์และการค้นพบครั้งแรกของทิโค

ในปี 1962 ลุงของทิโคส่งเสริมให้ทิโคได้มีประสบการณ์ในการศึกษา ณ ต่างประเทศ โดยทิโคได้เข้ารับการศึกษาต่อ ณ มหาวิทยาลัยไลป์ซิก (Leipzig) ทางด้านภาษาและวัฒนธรรม โดยวิชาดาราศาสตร์ไม่ได้เป็นวิชาที่ทิโคจะต้องศึกษาอย่างเป็นทางการ แต่ทิโคได้เริ่มสังเกตและทำบันทึกดวงดาวบนท้องฟ้า โดยทิโคได้ตระหนักว่าความสำเร็จในขบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะทางด้านดารา ศาสตร์ที่เขากำลังศึกษาค้นคว้าอยู่นั้น อาจจะเกิดขึ้นได้โดยความบังเอิญของผู้ค้นคว้า แต่การสังเกตดวงดาวอย่างมีระบบที่ใช้ระเบียบวินัยสูงนั้นก็น่าจะทำให้ประสบ ผลสำเร็จได้เช่นกัน ดังนั้นทุกๆ คืนทิโคได้ทำการสังเกตและบันทึกดวงดาวบนท้องฟ้า โดยใช้เครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำที่พอจะหาได้ในยุคนั้น จากการใช้เครื่องมือวัดดังกล่าว ทิโคได้ตระหนักถึงขีดจำกัดของเครื่องมือวัดที่เขาซื้อมาใช้ ดังนั้นเพื่อให้บรรลุถึงความแม่นยำสูงสุด ทิโคได้ประดิษฐ์เครื่องมือวัดขึ้นใช้เองโดยมีความแม่นยำที่สูงกว่าเครื่อง มือวัดที่จัดซื้อมาใช้ ซึ่งในประวัติศาสตร์ของดาราศาสตร์ได้บันทึกไว้ว่า ทิโคเป็นนักดาราศาสตร์ที่สำคัญและเป็นคนสุดท้ายที่สร้างผลงานโดยไม่ได้ใช้ กล้องโทรทรรศน์ (กล้องโทรทรรศน์ถูกประดิษฐ์ขึ้นในห้วงเวลาต่อมาโดยกาลิเลโอ)



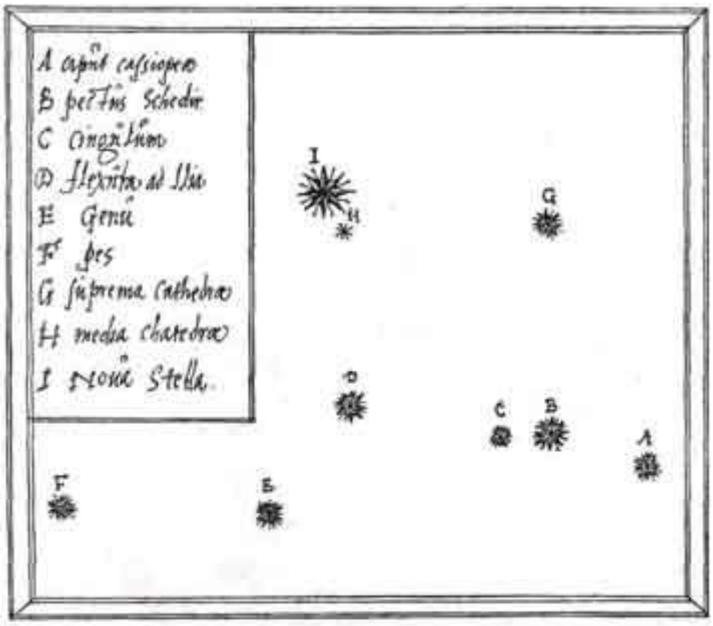
หลังจากการสังเกตและบันทึกทางดาราศาสตร์เป็นเวลาอย่างต่อเนื่องทุก คืน ในเดือนสิงหาคม 1563 ทิโคได้พบปรากฏการณ์ที่สำคัญซึ่งถือได้ว่าเป็นครั้งแรกของทิโค โดยทิโคสังเกตพบว่าดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ โคจรมาซ้อนอยู่ในแนวเดียวกัน ซึ่งบันทึกดังกล่าวมีความสำคัญมากต่อการพิสูจน์ผลงานของทิโคในห้วงเวลาต่อมา โดยจากการตรวจสอบอย่างละเอียด ทิโคพบว่าตารางดาวของโคเปอร์นิคัสยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่และทิโคได้ทำการ แก้ไข ให้ถูกต้อง



ค้นพบดาวดวงใหม่ !!! (ซูเปอร์โนวา)

ทิโคเดินทางกลับสู่เดนมาร์กในปี 1565 และหลังจากนั้นเพียงไม่กี่เดือน ลุงของทิโคได้เสียชีวิตลงในขณะอารักขากษัตริย์ และต่อมาบิดาของทิโคได้รับแต่งตั้งเป็นผู้บัญชาการที่ปราสาทเฮลซิงเบิร์ก ต่อมาในปี 1567 ทิโคได้เดินทางอีกครั้งเพื่อดูงานและหาประสบการณ์ทางดาราศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยต่างๆในเยอรมันและ สวิตเซอร์แลนด์ จนกระทั่งปลายปี 1570 ทิโคได้เดินทางกลับสู่บ้านเกิดอีกครั้ง และในช่วงกลางปี 1571 บิดาของทิโคได้เสียชีวิตลง และด้วยความสนับสนุนของลุงทางฝ่ายมารดา ทิโคได้สร้างหอดูดาวขึ้นที่โบสถ์แห่งเมืองเฮอลีวัด เพื่อทำการศึกษาค้นคว้าสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์

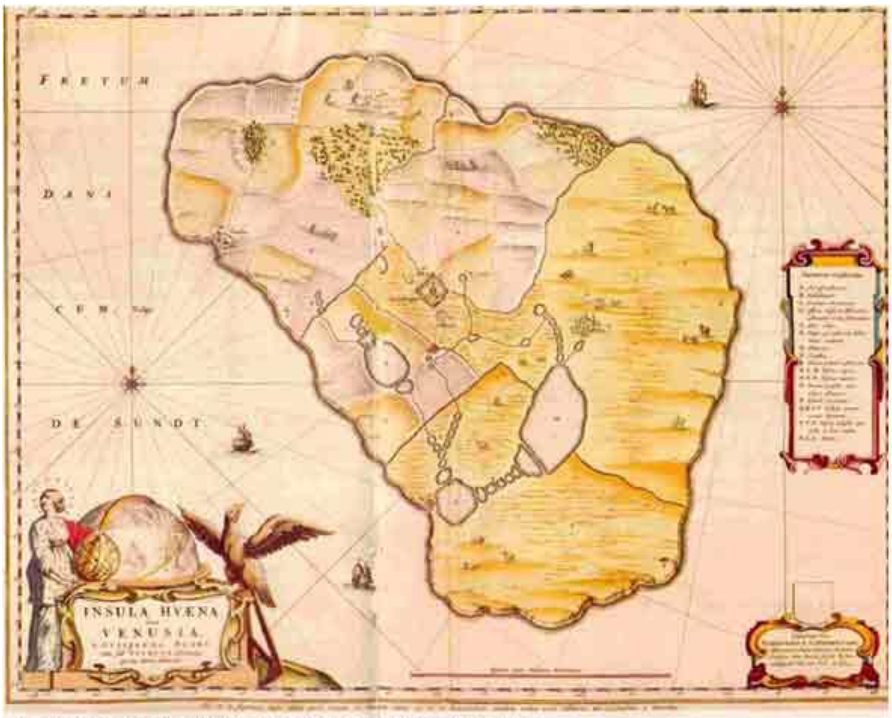
ที่หอดูดาวแห่งนี้ ทิโคได้ค้นพบดาวดวงใหม่ เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 1572 โดยที่ดาวดวงดังกล่าวมีแสงสว่างสุกใสมากกว่าดาวศุกร์ และดาวดวงอื่นๆ ทิโคได้เฝ้าสังเกตดาวดวงนี้ในเวลากลางคืนเป็นเวลาถึง 18 เดือนเต็ม ซึ่งทำให้ทิโคได้ตระหนักว่าสิ่งที่เขาค้นพบนั้นขัดแย้งกับคำสอนของอริสโต เติล ทิโคได้รวบรวมผลจากการสังเกตและทดลองของเขาพร้อมกับเรียบเรียงขึ้นเป็นหนังสือที่ชื่อว่า *De Stella Nova* (Concerning the New Star) ซึ่งมีการจัดพิมพ์ขึ้นในปี 1573 ที่โคเปนไฮเกน (ในปัจจุบันเป็นที่ทราบดีว่าดาวที่ทิโคค้นพบในปี 1572 นั้น เป็นซูเปอร์โนวา ที่ไกลห่างจากโลก 7500 ปีแสง) ผลจากการค้นพบดังกล่าว ทำให้ทิโคตัดสินใจเลือกอาชีพเป็นนักดาราศาสตร์อย่างเต็มตัว



Cassiopeia with the New Star indicated with an I. From Tycho Brahe's "De Stella Nova", 1573.

ยูเรนิเบิร์ก หอดูดาวที่ทันสมัยที่สุดในยุคนั้น

ปลายปี 1574 ทิโคได้รับเชิญให้ไปสอนวิชาดาราศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยโคเปนไฮเกน แต่หลังจากนั้นเพียงไม่กี่เดือนทิโคก็เลิกล้มความตั้งใจที่จะไปสอนอีก โดยทิโคได้เดินทางเยี่ยมชมและหาประสบการณ์ด้านหอดูดาว ณ ประเทศเยอรมันและสวิตเซอร์แลนด์ เพื่อหาสถานที่เพื่อตั้งรกรากและทำงานด้านดาราศาสตร์ หลังจากเยี่ยมชมหลายสถานที่แล้ว ทิโคได้เดินทางกลับไปยังเดนมาร์กเมื่อปลายปี 1575 โดยได้ตัดสินใจแล้วว่าจะย้ายครอบครัวออกจากเดนมาร์กเพื่อไปตั้งรกรากที่ เมืองบาเซล ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ แต่พระเจ้าเฟรเดอริคที่ 2 (Frederick II) กษัตริย์แห่งเดนมาร์กทราบเรื่องดังกล่าว และไม่อยากสูญเสียนักวิทยาศาสตร์ผู้มีชื่อเสียงไป จึงได้ยื่นข้อเสนอที่จะสร้างหอดูดาวที่โคเปนไฮเกนเพื่อที่ทิโคจะได้อยู่ใน เดนมาร์กต่อไป



Map of Hven. Copper etching from the Blaeu Atlas Major, 1663. Willem Janszoon Blaeu was a student of Tycho Brahe on the island of Hven between 1594-96,and amongst other things, he made this map of the island. His son, Joan Blaeu later published Atlas Major Sive Cosmographia Blaviana.

แต่ข้อเสนอดังกล่าวยังไม่จูงใจทิโคมากนัก ทำให้พระเจ้าเฟรเดอริคที่ 2 ทรงมีข้อเสนอใหม่ที่จูงใจทิโคเป็นอย่างมาก ซึ่งก็คือ ทรงเสนอพระราชทานเกาะเล็กแห่งหนึ่งที่ชื่อว่า เกาะ Ven (หรือ Hven) ซึ่งตั้งอยู่กลางทะเลบริเวณช่องแคบซาวน์ (ช่องแคบระหว่างทะเลบอลติคกับทะเลเหนือ) โดยอยู่ระหว่างโคเปนเฮเกนกับเมืองเฮลซิงเกอร์ นอกจากนี้ พระเจ้าเฟรเดอริคที่ 2 ยังได้พระราชทานเงิน 20,000 ปอนด์ เพื่อให้ทิโคสร้างหอดูดาวและห้องปฏิบัติการขึ้นที่เกาะดังกล่าว โดยทิโคได้สร้างหอดูดาวที่ถือได้ว่าทันสมัยที่สุดในยุคนั้นขึ้น และตั้งชื่อว่า "ยูเรนิเบิร์ก" (Uraniborg) หรือปราสาทแห่งสวรรค์ (Castle of the Heavens) ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น "ยูเรเนีย" (Urania)





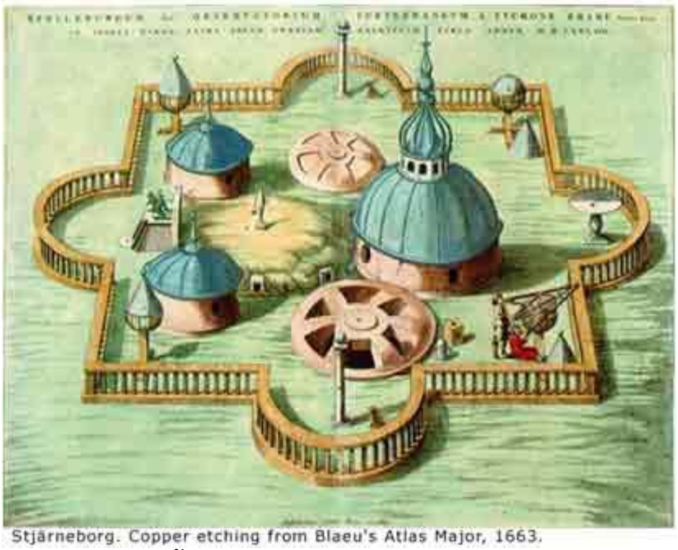
หอดูดาวยูเรนิเบิร์กถูกสร้างอย่างทันสมัยมาก มีห้องพัก หอคอยสำหรับดูดาว ห้องปฏิบัติการ ห้องสำหรับพิมพ์หนังสือ อุปกรณ์ทุกอย่างได้ถูกเลือกสรรอย่างดีที่สุด ทิโคพยายามสร้างหอดูดาวแห่งนี้อย่างดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ในสมัยนั้น นับเป็นหอดูดาวที่มีชื่อเสียงมากที่สุดในขณะนั้น และมีผู้ที่มีชื่อเสียงหลั่งไหลเข้าไปชมกันมากมาย รวมทั้งดึงดูดให้นักดาราศาสตร์ชั้นนำหลายคนเข้าร่วมทำงานกับทิโค

เหตการณ์ทางดาราศาสตร์ที่สำคัญในระหว่างที่ทิโคทำการสังเกตดวงดาว ที่หอดูดาวยูเรนิเบิร์กเกิดขึ้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน 1577 โดยเกิดดาวหางปรากฏขึ้นบนท้องฟ้า และทิโคตีพิมพ์สังเกตการณ์ดาวหางดังกล่าวใน De mundi aetherei recentioribus phaenomenis (ปี 1588) จากข้อมูลการวัดที่ทิโคได้บันทึกไว้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่อธิบายโดยอริสโตเติลมีข้อผิดพลาด



ในปี 1584 หอยูเรนิเบิร์กดูเหมือนจะคับแคบที่จะบรรจุเครื่องมือใหม่ๆที่ได้สร้างขึ้น ทิโคได้สร้างหอดูดาวแห่งที่สองที่อยู่ถัดไปจากยูเรนิเบิร์ก โดยตั้งชื่อว่า เซนต์เจอนีเบิร์ก (Stjerneborg) โดยในห้วงเวลาดังกล่าว ถือได้ว่าทิโคเป็นผู้ที่ประดิษฐ์เครื่องมือการวัดที่สำคัญทางดาราศาสตร์ จำนวนหลายชิ้น

ทิโคทำงานค้นคว้าทางดาราศาสตร์อยู่ที่ยูเรนิเบิร์กเป็นเวลาร่วม 20 ปี ทำให้เขาได้รวบรวมบันทึกการสังเกตการณ์รวมไปถึงปรากฏการณ์บนท้องฟ้าไว้อย่าง มากมาย ซึ่งผลงานเหล่านี้ทำให้ทิโคเป็นนักดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงมากที่สุดของ ยุโรป และหอยูเรนิเบิร์กก็ได้กลายเป็นศูนย์กลางทางการศึกษาทางดาราศาสตร์ที่ยิ่ง ใหญ่และมีชื่อเสียงมากที่สุดในยุโรปตอนเหนือ สมดังพระราชหฤทัยของพระเจ้าเฟรเดอริคที่ 2 และของทิโค บราห์ที่ได้ตั้งใจไว้


Stjärneborg. Copper etching from Blaeu's Atlas Major, 1663.

บันทึกข้อมูลตำแหน่งดวงดาวบนท้องฟ้า มรดกล้ำค่า

ในปี 1588 พระเจ้าเฟรเดอริคที่ 2 สิ้นพระชนม์ลง พระราชโอรสของพระเจ้าเฟรเดอริคที่ 2 พระนามว่า คริสเตียนที่ 4 ขึ้นครองราชย์เป็นกษัตริย์พระองค์ใหม่ โดยในเวลาต่อมาประเทศเดนมาร์กได้ประสบปัญหาวิกฤตด้านเศรษฐกิจอย่างรุนแรง ส่งผลให้งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์และดาราศาสตร์ได้ถูกตัดออกโดยสิ้นเชิง

ในปี 1597 หอดูดาวบนเกาะเว็นได้ถูกปิดลง ทิโคได้ย้ายกลับไปที่โคเปนไฮเกน หลังจากนั้นไม่นาน ทิโคและครอบครัวได้เดินทางออกจากเดนมาร์ก โดยเดินทางไปพำนักชั่วคราวในหลายเมืองของยุโรป เพื่อติดต่อและสืบหาผู้ที่สามารถให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการดำเนินงาน ทางด้านดาราศาสตร์ จนกระทั่งในปี 1599 จักรพรรดิรูดอล์ฟที่ 2 แห่งกรุงปราก ประเทศโปฮีเมีย (สาธารณรัฐเช็กในปัจจุบัน) ได้เสนอที่จะทรงอุปถัมภ์ทิโค โดยพระราชทานปราสาทแห่งหนึ่งที่เมือง Benatky nad Jizerou ห่างจากกรุงปรากประมาณ 50 กิโลเมตร เพื่อให้ทิโคสร้างหอดูดาวขึ้นที่ปราสาทดังกล่าว ทิโคเริ่มงานด้านสังเกตการณ์และบันทึกดวงดาวบนท้องฟ้าอีกครั้ง โดยทิโคได้จัดทำตารางตำแหน่งดวงดาวบนท้องฟ้าได้ถึง 777 ดวง จากข้อมูลที่ได้ทำการเก็บบันทึกไว้กว่า 38 ปี ซึ่งตำแหน่งดวงดาวดังกล่าวมีความแม่นยำที่สุดเท่าที่มีการบันทึกไว้ก่อนที่ จะมีการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์ ทิโคเรียกตารางดวงดาวดังกล่าวว่า *Rudolphine Tables* เพื่อเป็นเกียรติแก่จักรพรรดิรูดอล์ฟที่ 2 ผู้ซึ่งเป็นองค์อุปถัมภ์





RUDOLPHINÆ,

TYCHONE,

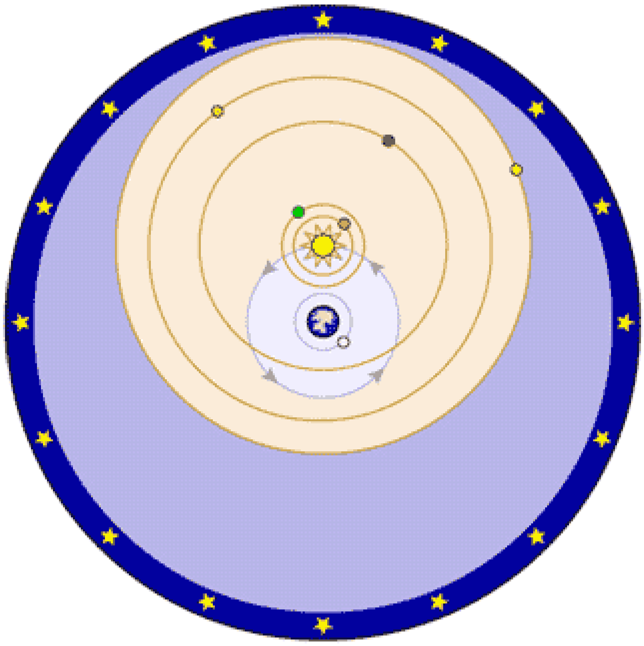
PRIMUM ANIMO CONCEPTA ET DESTINATA

RUDOLPHI, MATTHIÆ, FERDINANDI

IOANNES KEPLERUS

ทิโค บราห์ ถวายคำอธิบายเรื่องแบบจำลองโลกแก่จักรพรรดิรูดอล์ฟที่ 2

ในช่วงต้นปี 1600 ทิโคได้เชิญโยฮันเนส เคปเลอร์นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันให้มาเป็นผู้ช่วยที่หอดูดาว ณ กรุงปราก แต่จากการรวมงานกันเพียง 22 เดือน ทิโคได้เสียชีวิตลง และเคปเลอร์ได้รับการแต่งตั้งเป็นนักคณิตศาสตร์ประจำราชสำนักของจักรพรรดิรู ดอล์ฟที่ 2 แทนทิโค นอกจากตำแหน่งดังกล่าวแล้ว เคปเลอร์ยังได้ครอบครองข้อมูลบันทึกดวงดาวของทิโคที่ทิโคได้ทำการสังเกตและ บันทึกไว้ตลอดช่วงชีวิตของทิโค ซึ่งถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีค่ามาก



แบบจำลองจักรวาลของทิโค

จากความคิดของทิโคที่ไม่เห็นด้วยกับแบบจำลองของโคเปอร์นิคัสที่ กำหนดให้ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยจักรวาล ทำให้ทิโคได้สร้างแบบจำลองขึ้น โดยเรียกว่า Tychonic system ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวผสมผสานระหว่างแบบจำลองของปโตเลมีและโคเปอร์นิคัส โดยกำหนดให้โลกเป็นศูนย์กลางและมีดวงจันทร์และดวงอาทิตย์หมุนรอบโลก ในขณะเดียวกันดาวเคราะห์ทั้ง 5 ดวงได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี และดาวเสาร์ก็หมุนรอบดวงอาทิตย์ โดยทิโคให้เหตุผลว่า ดาวดวงใหม่ (ซึ่งเป็นซูเปอร์โนวา) ที่ถูกค้นพบโดยตัวเขาในปี 1572 ไม่ได้อยู่ใกล้โลก นอกจากนี้ ทิโคยังได้โต้แย้งในประเด็นที่ว่า ถ้าโลกมีการเคลื่อนที่ ดังนั้นตำแหน่งของดวงดาวที่อยู่ใกล้โลกควรที่จะต้องมีการเลื่อนไปเมื่อเทียบ กับดวงดาวที่อยู่ห่างไกลออกไป ซึ่งโดยข้อเท็จจริง ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลของ พาราแล็ซ (parallex) ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตาเปล่า (ดังที่ทิโคได้ทำการสังเกตไว้ เนื่องจากในยุคนั้นยังไม่มีกล้องโทรทรรศน์) หรือกระทั่งใช้กล้องโทรทรรศน์ทำการสังเกตการณ์เป็นเวลาร่วม 200 ปี

แบบจำลองของทิโคเป็นที่ยอมรับอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างปลอดภัยสำหรับนักดาราศาสตร์ที่ไม่เห็นด้วย กับแบบจำลองเก่าตามความเชื่อของอริสโตเติลแต่ก็จำเป็นต้องยอมรับแบบจำลอง เก่าด้วยความกระอักกระอ่วมใจ นอกจากนี้ทางกรุงโรมเองก็ได้ยอมรับแบบจำลองของทิโคอย่างเป็นทางการในเวลาต่อ มา ซึ่งในห้วงเวลาดังกล่าวเป็นการแข่งขันกันระหว่างแบบจำลองของโคเปอร์นิคัสและ แบบจำลองของทิโคที่มีคริสตจักรโรมันเป็นผู้หนุนหลัง

ผลงานวิชาการของทิโค

ผลงานทางวิชาการชิ้นสำคัญของทิโคที่ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ที่กรุงปราก ในระหว่างปี ค.ศ. 1602 – 1603 ได้แก่หนังสือชื่อ Astronomiae Instauratae Progymnas mata หรือที่เรียกว่า Preliminaries for the Restoration of Astronomy โดยหนังสือเล่มนี้แบ่งเป็น 2 ตอน โดยมีเคปเลอร์เป็นผู้ตรวจทาน

ในหนังสือเล่มแรก ทิโคได้กล่าวถึงการหมุนของดวงอาทิตย์ การโคจรของดวงจันทร์และตำแหน่งดาวฤกษ์ต่าง ๆ ที่อยู่กับที่อีก 777 ดวง (ต่อมาเคปเลอร์ได้ค้นพบและเพิ่มเติมรวมทั้งหมดเป็น 1,005 ดวง ในปี ค.ศ.1627 และได้กล่าวไว้ใน Rudolphine Table)

ส่วนหนังสือเล่มที่ 2 มีชื่อว่า De Mondi Aetheria Recentioribus Phaenomenis ซึ่งกล่าวถึงเรื่องของดาวหางที่เกิดในปี ค.ศ.1577 หนังสือเล่มนี้พิมพ์ที่ยูเรนิเบิร์ก เมื่อปี ค.ศ.1588





Astronomiae Instauratae Mechanica เป็นหนังสืออีกเล่มที่ทิโคได้เขียนขึ้น ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์ขึ้นที่เมือง Wandsbeck เมื่อปี ค.ศ. 1598 หนังสือเล่มนี้บรรยายถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดูดาวที่ทิโคได้สร้างและปรับปรุงให้ดีขึ้น นอกจากนี้ ยังกล่าวถึงชีวประวัติของตัวทิโคเอง รวมไปถึงบันทึกสิ่งต่าง ๆ ที่เขาค้นพบตลอดจนความเปลี่ยนแปลงของดวงจันทร์

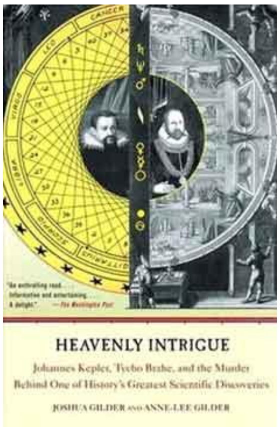




ปริศนาการตายของทิโค

จากการบันทึกในสมัยนั้น ได้กล่าวไว้ว่า ทิโคเสียชีวิตลงเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 1601 หลังจากที่ล้มป่วยกระทันหันเป็นเวลา 11 วัน หลังจากงานเลี้ยงอาหารค่ำที่พระราชวัง โดยในสมัยนั้นถือว่าเป็นการผิดมารยาทอย่างสูง ถ้าออกจากงานเลี้ยงก่อนที่งานเลี้ยงจะสิ้นสุดลง นับเป็นเวลาร่วมหนึ่งร้อยปีที่มีความเชื่อว่าทิโคตายด้วยสาเหตุของโรคที่ เกี่ยวกับกระเพาะปัสสาวะที่ทำงานหนักเกินไป เนื่องจากจะต้องอยู่ในงานเลี้ยงจนจบงาน ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อที่กระเพาะปัสสาวะ ซึ่งเคปเลอร์เป็นผู้หนึ่งที่เห็นด้วยกับข้อสันนิษฐานดังกล่าว

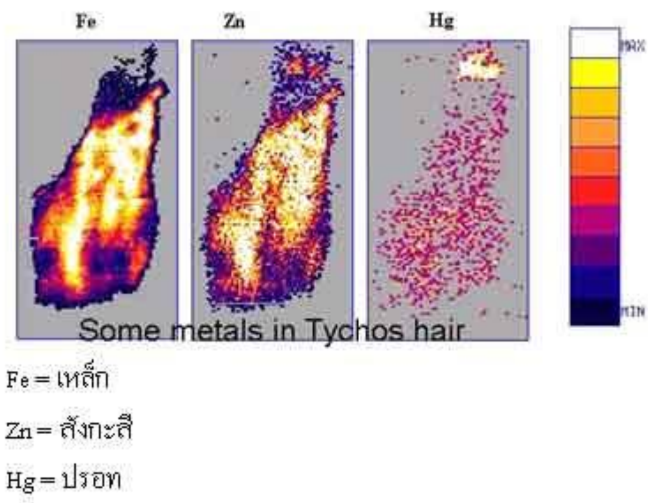
Epistolae Astronomicae ซึ่งพิมพ์ที่เมืองยูเรนิเบิร์ก เมื่อปี ค.ศ.1596 เป็นหนังสือเล่มที่บรรยายถึงผลงานต่าง ๆ ที่ทิโคทำไว้ที่เมืองแฟรงเฟิร์ท ในช่วงปี ค.ศ.1598



หนังสือ *Heavenly Intrigue: Johannes Kepler, Tycho Brahe, and the Murder Behind One of History's Greatest Scientific Discoveries* เขียนโดย Joshua Gilder และ Anne-Lee Gilder

อย่างไรก็ตาม การสืบสวนล่าสุดได้มีการพบว่าทิโคไม่ได้เสียชีวิตลงเนื่องจากปัญหาของระบบ ปัสสาวะ แต่เป็นการเสียชีวิตลงจากการวางยาพิษ โดยมีการตรวจพบสารปรอทในระดับสูงมากที่ผมและรากผมของทิโค จึงมีข้อสันนิฐานใน 2 แนวทาง โดยแนวทางที่หนึ่งสันนิฐานว่าทิโคอาจจะวางยาตัวเองโดยไม่ตั้งใจ โดยรับประทานยาบางอย่างที่มีการปนเปือนสารปรอท ส่วนแนวทางที่สองนั้น ทิโคถูกลอบวางยาพิษโดยคนอื่น อย่างไรก็ตาม ในหนังสือที่เขียนโดย Joshua Gilder และ Anne-Lee Gilder ซึ่งตีพิมพ์เมื่อปี 2005 [6] ได้ปรากฏหลักฐานสำคัญที่บ่งชี้ว่า เคปเลอร์ลอบวางยาพิษเพื่อฆาตกรรมทิโค !!!!! โดยได้ชี้ให้เห็นว่ามีเพียงเคปเลอร์ผู้เดียวเท่านั้นที่ได้รับประโยชน์สูง สุดจากการเสียชีวิตของทิโค ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งในราชสำนักของทิโคและบันทึกข้อมูลดวงดาวอันล้ำค่าของทิ โค ในส่วนแนวทางแรกที่สันนิฐานว่าทิโคอาจจะวางยาตัวเองโดยไม่ตั้งใจนั้นแทบจะ เป็นไปได้ยาก เนื่องจากทิโคนอกจากจะเชี่ยวชาญเรื่องดาราศาสตร์แล้ว ทิโคยังเป็นผู้เชี่ยวชาญตัวยงในทางแร่ธาตุต่างๆ รวมไปถึงส่วนประกอบของสารต่างๆ





เส้นผมของทิ โค บราห์ที่ถูกนำมาวิเคราะห์ ปริมาณ โลหะที่วิเคราะห์ได้จากเส้นผมของทิ โค บราห์

ร่างของทิโค บราห์ นักดาราศาสตร์ที่โด่งดังที่สุดในยุคของเขา ได้ถูกฝังไว้ที่วิหาร Church of Our Lady in front of Tyn ซึ่งอยู่ใกล้กับนาฬิกาดวงดาวในกรุงปราก

งานชิ้นสำคัญของทิโคที่ได้พิมพ์ออกมาเผยแพร่ก็ได้แก่หนังสือ Astronomiae Instauratae Progymnas mata หรือที่เรียกว่า Preliminaries for the Restoration of Astronomy หนังสือเล่มนี้แบ่งเป็น 2 ตอน และพิมพ์ที่กรุงปร๊าก (Prague) ในระหว่างปี ค.ศ. 1602 – 1603 โดยมีเคพเลอร์เป็นผู้ตรวจทาน ในหนังสือเล่มแรกของเขาได้กล่าวถึงการหมุนของดวงอาทิตย์ การโคจรของดวงจันทร์และตำแหน่งดาวฤกษ์ต่าง ๆ ที่อยู่กับที่อีก 777 ดวง (ต่อมาเคพเลอร์ได้ค้นพบและเพิ่มเติมรวมทั้งหมด 1,005 ดวง ในปี ค.ศ. 1627 และได้กล่าวไว้ใน Rudolphine Table) ส่วนหนังสือเล่มที่ 2 ของเขาชื่อว่า De Mondi Aetheria Recentioribus Phaenomenis ซึ่งกล่าวถึงเรื่องของดาวหางที่เกิดในปี ค.ศ.1577 หนังสือเล่มนี้พิมพ์ที่ยูเรนิเบิร์ก (Uraniborg) เมื่อปี ค.ศ.1588

หนังสืออีกเล่มหนึ่งที่ทิโคเขียนขึ้นก็คือเครื่อง Astronomiae Instauratae Mechanica ซึ่งตีพิมพ์ที่เมือง Wandsbeck เมื่อปี ค.ศ.1598 หนังสือเล่มนี้บรรยายถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดูดาวที่เขาสร้างและปรับปรุงให้ดีขึ้น นอกจากนี้ ก็มีชีวประวัติของตัวเขาเองกับบันทึกสิ่งต่าง ๆ ที่เขาค้นพบตลอดจนความเปลี่ยนแปลงของดวงจันทร์ ส่วนหนังสืออีกเล่มหนึ่งได้แก่เรื่อง Epistolae Astronomicae ซึ่งพิมพ์ที่เมืองยูเรนิเบิร์ก เมื่อปี ค.ศ.1596 หนังสือเล่มนี้ได้บรรยายถึงผลงานต่าง ๆ ที่ทิโคทำไว้ที่เมืองแฟรงเฟิร์ท (Frankfurt) ในปี ค.ศ.1598 นอกจากนี้ เขายังได้ทำบัญชีดาราศาสตร์สำหรับนักเดินเรือโดยมีเคพเลอร์เป็นผู้ร่วม งานอยู่ด้วย แต่ยังไม่ทันจะเสร็จเขาก็ล้มป่วยลงและถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม ค.ศ.1601 ที่กรุงปร๊าก (Prague) สาธารณรัฐเช็ก

เซอร์ ไอแซค นิวตัน(ค.ศ. 1642 – 1727)



ไอแซค นิวตัน เป็นนักวิทยาศาสตร์เอกของโลกชาวอังกฤษที่มีความเชี่ยวชาญหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์ และปรัชญา โดยในยุคเดียวกัน นิวตันเป็นผู้ที่สร้างผลงานที่โดดเด่นมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล กฎการเคลื่อนที่ คณิตศาสตร์แคลคูลัส และทฤษฎีด้านแสง ข้อแตกต่างของนิวตันที่ต่างจากนักวิทยาศาสตร์รุ่นก่อนๆ คือ นิวตันเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีความพิถีพิถันในการทำงาน การทำการทดลองของนิวตันจะมีระเบียบแบบแผนและมีการทดลองซ้ำหลายครั้งเพื่อ ขจัดของผิดพลาดที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการจดบันทึกที่มีระบบและมีรายละเอียด

วัยเยาว์

ไอแซค นิวตัน เกิดเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม ค.ศ. 1642 ที่วูลส์ทอร์ป แคว้นลินคอล์นเชียร์ ประเทศอังกฤษ นิวตันกำพร้าบิดาตั้งแต่เกิด อีกทั้งเมื่ออายุได้ 3 ขวบ มารดาของนิวตันได้แต่งงานใหม่ และพ่อเลี้ยงใหม่บังคับให้นิวตันย้ายไปอยู่กับยาย แต่นิวตันเองก็เข้ากับยายได้ไม่ค่อยจะดีในตลอดช่วงเวลาหลายปีที่อาศัยอยู่ กับยาย ทำให้ชีวิตวัยเด็กของนิวตันเป็นช่วงชีวิตที่ไม่สมบูรณ์เหมือนกับเด็กคนอื่นๆ

นิวตันเริ่มต้นเข้าเรียนหนังสือที่โรงเรียนในหมู่บ้าน เมื่อเริ่มต้นเรียนหนังสือครั้งแรกนั้น นิวตันไม่ได้เป็นนักเรียนที่แสดงความสามารถพิเศษใดๆ ออกมาว่าเป็นจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ในอนาคตอย่างไรก็ตาม ในช่วงเวลาต่อมาความสามารถในด้านการประดิษฐ์และพรสวรรค์ด้านวิทยาศาสตร์ของนิวตันได้เริ่ม ปรากฏขึ้น

วัยศึกษา

ในช่วงเรียนมัธยมปลาย อนาคตของนิวตันอยู่บนทางสองแพร่ง โดยมารดาของนิวตันต้องการให้นิวตันยุติการเรียนเพื่อมาช่วยงานในฟาร์มของ ครอบครัว แต่ลุงและอาจารย์ใหญ่โรงเรียนมัธยมได้ตระหนักถึงความสามารถและความเฉลียว ฉลาดของนิวตันจึงได้เกลี้ยกล่อมมารดาของนิวตันให้อนุญาตให้นิวตันได้เรียน ต่อจนจบมัธยมปลาย ซึ่งถ้านิวตันไม่ได้บุคคลทั้งสอง เราคงจะไม่รู้จักนิวตันในฐานะนักวิทยาศาสตร์เอกของโลก



บ้านของครวบครัวนิวตัน ที่วูลส์ทอร์ป



Trinity College แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์

ในปี 1661 (อายุ 19 ปี) นิวตันได้เข้าเรียนที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียงที่สุดแห่งหนึ่งของอังกฤษ ถึงแม้ครอบครัวของนิวตันไม่ได้มีฐานะที่ยากจน แต่การเรียนในมหาวิทยาลัยจำเป็นที่จะมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง นิวตันจึงต้องทำงานหาเงินช่วยเหลือตนเอง โดยเป็นคนทำความสะอาดห้องพักนักศึกษาในหอพักของมหาวิทยาลัยและทำงานเป็นพนักงานเสริฟอาหาร ในระยะปีแรกๆ ที่นิวตันเข้ามาเรียนนั้น ยังไม่มีชื่อเสียงโด่งดังในทางใดๆ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1663 นักปราชญ์ชาวกรีกไอแซค บาร์โรว (Issac Barrow) ได้ย้ายมาประจำแผนกคณิตศาสตร์ โดยบาร์โรวผู้นี้เป็นนักคณิตศาสตร์และนักฟิสิกส์ที่มีชื่อเสียงมากคนหนึ่ง ของยุโรปขณะนั้นเช่นเดียวกับปาสคาล (Pascall) และวอลลิส (Wallis)



ไอแซค บาร์โรว

บาร์โรวได้ช่วยสอนนิวตัน และทำให้ความเป็นอัจฉริยะของนิวตันเริ่มต้นฉายแววขึ้น และในปี ค.ศ. 1664 ขณะที่นิวตันมีอายุได้ 22 ปี นิวตันได้สอบชิงทุนการศึกษาและสอบได้เป็นที่ 1 จากผู้ที่เข้าสอบทั้งหมด 45 คน ขณะที่ได้รับทุนเล่าเรียนอยู่นั้น นิวตันได้ศึกษาด้านปรัชญาและดาราศาสตร์ พื้นฐานความรู้เหล่านี้เสริมให้นิวตันคิดค้นวิชาคณิตศาสตร์แขนงใหม่ซึ่งกลาย มาเป็นแคลคูลัสในท้ายที่สุด

ปีมหัศจรรย์ : ผลงานค้นคว้าที่บ้าน

หลังจากสำเร็จการศึกษาในปี 1665 (อายุ 23 ปี) มหาวิทยาลัยได้ถูกปิดลงเนื่องจากเกิดการระบาดของกาฬโรคครั้งใหญ่ในอังกฤษ ทำให้นักศึกษาทุกคนรวมทั้งนิวตันต้องเดินทางกลับภูมิลำเนาเดิมของตนเอง ซึ่งในระหว่างที่กลับมาอยู่ที่บ้านเป็นเวลาร่วม 2 ปี นิวตันได้ค้นคว้าเรื่องคณิตศาสตร์ชั้นสูง ความรู้ที่เกี่ยวกับแสง และแรงโน้มถ่วงโลก ซึ่งช่วงเวลา 2 ปีนี้เอง (1665- 1666) นิวตันได้สร้างผลงานที่ยิ่งใหญ่ทางวิทยาศาสตร์ถึง 3 เรื่องด้วยกัน ได้แก่ สร้างคณิตศาสตร์แคลคูลัส วิเคราะห์สเปกตรัมแสง และ กฎแรงโน้มถ่วงโลก อย่างไรก็ตาม ในช่วงเวลานั้น นิวตันไม่ได้ตีพิมพ์ผลงานดังกล่าวออกเผยแพร่ แต่ปรากฏอยู่ในสมุดจดบันทึกการทำงานของนิวตันเอง



กรุงลอนดอนเผชิญกับไฟไหม้ครั้งใหญ่ในปี 1666



ต้นแอปเปิลที่เคมบริดจ์

กลับสู่เคมบริดจ์ : ศาสตราจารย์อายุน้อยที่สุด

ในปี 1667 (อายุ 25 ปี) มหาวิทยาลัยได้เปิดทำการอีกครั้ง นิวตันได้กลับมาศึกษาต่อที่เคมบริดจ์อีกครั้ง ด้วยผลงานที่ได้ค้นคว้าในระหว่างที่พักอยู่ที่บ้าน และการผลักดันของศาตราจารย์บาร์โรว ทำให้นิวตันได้รับปริญญาโท และถูกแต่งตั้งให้เป็นสมาชิกแห่งวิทยาลัยตรินิตี้ (หนึ่งในวิทยาลัยของเคมบริดจ์)

ในปี 1668 นิโคลาส เมอร์เคเตอร์ นักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์กได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ "ลอการิทโมเทคเนีย" และเมื่อนิวตันได้อ่านหนังสือดังกล่าวแล้ว นิวตันถึงกับตระหนักว่าสิ่งที่เมอร์เคเตอร์เขียนนั้นเป็นคณิตศาสตร์ที่เขา ได้สร้างขึ้นเมื่อปี 1666 ในขณะพักอยู่ที่วูลส์ทอร์ป แต่ด้วยความช่วยเหลือของบาร์โรว ทำให้ผลงานคณิตศาสตร์ของนิวตันได้รับการเผยแพร่ และเป็นที่ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำในยุโรปว่า นิวตันเป็นผู้คิดค้นก่อน เนื่องจากบาร์โรว์เป็นศาสตราจารย์ของเคมบริดจ์และเป็นผู้เดียวที่ทราบว่านิ วตันได้ค้นคว้าและสร้างคณิตศาสตร์ดังกล่าวขึ้นในปี 1666 ในช่วงที่กาฬโรคระบาดในอังกฤษ จึงอาจกล่าวได้ว่า ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือและการรับประกันจากบาร์โรวแล้ว เครดิตและชื่อเสียงของผู้ที่คิดค้นจะต้องตกเป็นของมอร์เคเตอร์อย่างแน่นอน เพราะในขณะนั้นนิวตันยังไม่ได้มีชื่อเสียงโด่งดังและไม่เป็นที่รู้จักหรือ ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำ

ปี 1669 บาร์โรวได้ลาออกจากตำแหน่งศาตราจารย์ทางคณิตศาสตร์ และพร้อมกับสนับสนุนให้นิวตันขึ้นดำรงตำแหน่งแทนด้วยวัยเพียง 27 ปี ซึ่งถือได้ว่าดำรงตำแหน่งศาตราจารย์ทางคณิตศาสตร์ที่มีอายุน้อยที่สุด ในระยะเริ่มต้นการดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ นิวตันได้ค้นคว้าเรื่องทางด้านแสงต่อเนื่องจากที่ได้ศึกษาค้นคว้าในขณะพัก อยู่ที่บ้านที่วูลส์ทอร์ป และได้สร้างกล้องโทรทรรศน์แบบใหม่ที่เรียกว่า "กล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง" ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่ากล้องที่สร้างโดยกาลิเลโอ



กล้องโทรทรรศน์ประดิษฐ์โดยนิวตัน

สมาชิกราชสมาคมแห่งกรุงลอนดอน

ในช่วงปี 1670 ถึง 1672 นิวตันเน้นการค้นคว้าในด้านแสงเป็นหลัก จนทำให้ได้รับแต่งตั้งเป็นสมาชิกของราชสมาคมแห่งกรุงลอนดอน (Royal Society of London) ในปี 1672 (นิวตันอายุ 30 ปี) ราชสมาคมเป็นแหล่งรวมของนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำของอังกฤษและยุโรป โดยมีราชวงศ์อังกฤษเป็นผู้ให้การสนับสนุน

ในปี 1672 นิวตันได้เขียนบทความวิชาที่อธิบายถึงผลการค้นคว้าที่เกี่ยวกับสีและแสง โดยตีพิมพ์ในวารสารของราชสมาคม แต่ทฤษฎีแสงของนิวตันได้รับการวิจารณ์ในเชิงลบอย่างมากจากโรเบิร์ต ฮุก ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำผู้หนึ่งของอังกฤษ ซึ่งนับว่าเป็นครั้งแรกที่นิวตันได้เผชิญหน้ากับคนที่มีความรู้ความสามารถใน ระดับที่เท่าเทียมกัน ความขัดแย้งในครั้งนี้ทำให้นิวตันและฮุกเป็นศัตรูกันตลอดช่วงชีวิตของทั้ง คู่



การทดลองด้านแสงของนิวตัน

ไม่ประสบผลสำเร็จในการเล่นแร่แปรธาตุ

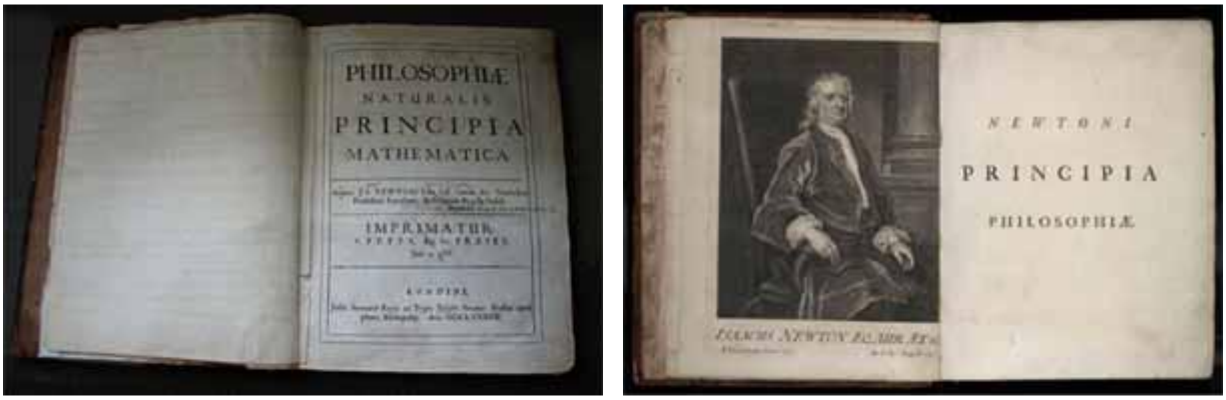
ในยุคสมัยก่อนนิวตัน นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งได้ชอบทดลองการเล่นแร่แปรธาตุ ซึ่งต่อมาได้มีพัฒนาการจนเป็นศาสตร์ด้านวิชาเคมีในปัจจุบัน

หลังจากการโต้เถียงกับฮุกในครั้งนั้น ทำให้นิวตันเกิดความเบื่อหน่ายในการค้นคว้าด้านคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ นิวตันจึงหันไปค้นคว้าการเล่นแร่แปรธาตุอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง โดยนิวตันตั้งใจจะค้นคว้าอย่างมีระบบและนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการอธิบาย เพื่อให้การเล่นแร่แปรธาตุได้รับการยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งแต่เดิมนั้นการเล่นแร่แปรธาตุถูกมองว่าเป็นเรื่องเวทมนตร์หรือไสยศาสตร์ หลังจากใช้เวลาค้นคว้า 4 ถึง 5 ปี นิวตันประสบผลสำเร็จเพียงเล็กน้อย และได้ตัดสินใจยุติการค้นคว้าด้านนี้ลงในปี 1679

พรินซิเพีย (Principia)

หลังจากยุติการทดลองด้านเคมีลง นิวตันหันกลับมาค้นคว้าเรื่องกลศาสตร์ต่อ อย่างไรก็ตาม ความขัดแย้งกับฮุกก็ยังคงดำเนินต่อไป โดยฮุกไม่ยอมรับสิ่งที่นิวตันเสนอ และจะกล่าวว่าตัวเขาเอง (ฮุก) เป็นผู้ที่คิดได้คนแรก โดยเฉพาะในประเด็นเรื่องที่เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งมีผู้วิเคราะห์ภายหลังว่า อาจจะเป็นเรื่องที่ไม่แปลกนัก เนื่องจากฮุกเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่เก่ง และค้นคว้าในหลายๆ เรื่องในเวลาเดียวกัน แต่ฮุก แตกต่างจากนิวตันตรงที่ว่าฮุกไม่ได้ค้นคว้าในเชิงลึกเหมือนกับที่นิวตันทำ

ความขัดแย้งกับฮุกในประเด็นว่าใครเป็นคนแรกที่คิดค้นกฎที่เกี่ยว กับกฎการเคลื่อนที่ได้ ทำให้เพื่อนสนิทของนิวตันได้หว่านล้อมและเกลี้ยกล่อมให้นิวตันตีพิมพ์ผลงาน ที่เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ เพื่อจะได้เป็นการยุติความขัดแย้งดังกล่าว โดยเพื่อนสนิทของนิวตันได้ยกกรณีที่เกิดขึ้นในปี 1668 เมื่อมอร์เคเตอร์ตีพิมพ์ผลงานด้านคณิตศาสตร์ที่นิวตันได้คิดไว้ก่อน



หนังสือ Principia

นิวตันได้เริ่มต้นเขียนหนังสือเล่มดังกล่าวในกลางปี 1684 หลังจากใช้เวลา 2 ปี นิวตันได้เขียนหนังสือที่ชื่อว่า Philosophiae Naturalis Principia Mathematica หรือเรียกสั้นๆว่า " Principia" เสร็จสมบูรณ์ลงในเดือนเมษายน ปี 1686 (นิวตันอายุ 44 ปี) โดยหนังสือเล่มนี้อธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้ง 3 ข้อและกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลที่โด่งดังจนมาถึงปัจจุบัน โดยหนังสือ Principia เล่มนี้ ได้รับการยกย่องว่าเป็นผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่ยิ่งใหญ่มาก

แคลคูลัส: นิวตันหรือไลบ์นิซ เป็นผู้คิดค้นคนแรก ?

จากอุปนิสัยส่วนตัวของนิวตัน ที่ไม่ยอมเผยแพร่ผลงานการค้นคว้าของตนเองจนกว่าจะมั่นใจว่าทุกสิ่งทุกอย่างพร้อมแล้วสำหรับการเผยแพร่สู่สาธารณชน ทำให้เกิดความขัดแย้งกับนักวิทยาศาสตร์ผู้อื่นที่ทำการเผยแพร่ผลงานที่คล้ายกันและตีพิมพ์ผลงานดังกล่าวก่อน

ในปี 1684 นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน ชื่อ กอตต์ฟรีด วิลเฮล์ม ฟอน ไลบ์นิซ ได้ตีพิมพ์ผลงานทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่าแคลคูลัส ทำให้นิวตันต้องออกมากล่าวว่า ตัวนิวตันเองที่เป็นผู้คิดค้นคนแรกตั้งแต่ปี 1666 โดยนิวตันเรียกคณิตศาสตร์ดังกล่าวว่า "fluxion" ทำให้นิวตัวและไลบ์นิซมีข้อโต้เถียงกันอย่างรุนแรง



กอตต์ฟรีด วิลเฮล์ม ฟอน ไลบ์นิซ

จากการค้นคว้าหลักฐานต่างๆ ในภายหลังพบว่า ในขณะที่ไลบ์นิซพำนักที่กรุงลอนดอนในฐานะสมาชิกของราชสมาคม ไลบ์นิซได้พบปะกับนักคณิตศาสตร์รวมทั้งศาสตราจารย์บาร์โรวที่ทำงานร่วมกับนิ วตัน โดยไลบ์นิซได้อ่านผลงานชิ้นหนึ่งของนิวตันจนเข้าใจ และได้นำมาพัฒนาเป็นแคลคูลัส พร้อมกับประกาศว่าตนเองเป็นผู้สร้างแคลคูลัสขึ้นเป็นคนแรก จึงทำให้นิวตันโกรธมาก ความขัดแย้งระหว่างนิวตันและไลบ์นิซได้เริ่มขึ้น โดยมีศาสตร์แคลคูลัสเป็นเดิมพัน อย่างไรก็ตาม จากความน่าเชื่อถือรวมกับชื่อเสียงของนิวตัน ทำให้นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ที่ราชสมาคมไม่เชื่อว่าไลบ์นิซจะเป็นผู้คิดค้น เป็นคนแรก ซึ่งนิวตันเป็นผู้ชนะอีกครั้ง แต่อย่างไรก็ตาม ในภายหลังได้มีการยอมรับว่าทั้งนิวตันและไลบ์นิซเป็นผู้สร้างแคลคูลัส

ผู้อำนวยการโรงกษาปณ์

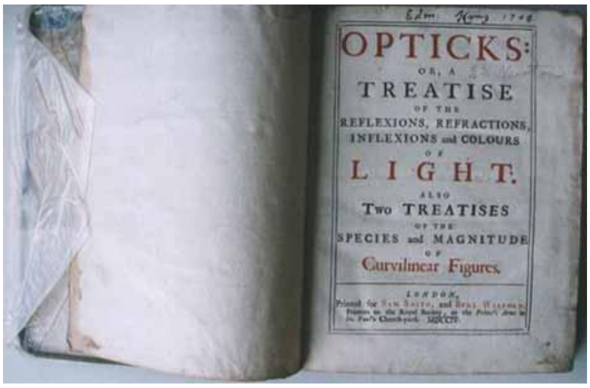
หลังจากที่เขียนหนังสือ Principia เสร็จ ในช่วงปี 1693-1696 นิวตันได้ป่วยเป็นโรคซึมเศร้า เนื่องจากสาเหตุหลายประการ อาทิเช่น การทำงานหนักและพักผ่อนไม่เพียงพอ การสูญเสียมารดา และอาจจะมีสารพิษสะสมในร่างกายจากการทดลองเล่นแร่แปรธาตุหลายปีที่ผ่านมา

หลังจากทำงานที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์เป็นเวลาร่วม 35 ปี ในปี 1696 (อายุ 54 ปี) นิวตันได้รับเชิญจากพระเจ้าชาร์ลที่ 2 ให้เข้ารับดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการโรงกษาปณ์ กรมธนารักษ์ นิวตันตอบรับข้อเสนอดังกล่าว ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตครั้งใหญ่ จากนักวิทยาศาสตร์เป็นนักบริหาร อย่างไรก็ตาม นิวตันได้นำทักษะและความสามารถทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ในการทำงานที่กรมธนา รักษ์ โดยพัฒนาเหรียญกษาปณ์ให้ทันสมัย

ประธานราชสมาคม หนังสือออพติกส์ และตำแหน่ง "เซอร์"

ในขณะที่นิวตันทำงานให้กับกรมธนารักษ์ ถึงแม้นิวตันจะพักอยู่ในกรุงลอนดอน แต่ก็ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมของราชสมาคมมากนัก เนื่องจากฮุกยังดำรงตำแหน่งระดับสูงอยู่ในราชสมาคม จนกระทั่งฮุกเสียชีวิตลงในปี 1703 สมาชิกของราชสมาคมได้ลงมติเลือกนิวตันเป็นประธานราชสมาคม โดยขณะนั้นนิวตันมีอายุได้ 61 ปี และดำรงตำแหน่งไปตลอดอายุขัยของนิวตัน รวมเป็นเวลาถึง 24 ปี

ก่อนเข้ารับตำแหน่งประธานราชสมาคม ราชสมาคมอยู่ในยุคที่ค่อนข้างตกต่ำเนื่องจากมีปัจจัยทางการเมืองเข้าแทรกแซง แต่เมื่อนิวตันเข้ารับตำแหน่งประธานแล้ว นิวตันได้ฟื้นฟูและปฏิรูปแนวทางการดำเนินงานของสมาคมจนมีสมาชิกเพิ่มขึ้น และทำให้สมาคมมีชื่อเสียงโด่งดังเป็นที่ยอมรับจนถึงปัจจุบัน



ในปี 1704 นิวตันได้เขียนหนังสือที่เกี่ยวกับความรู้ด้านแสง จากการค้นคว้าที่สะสมมาตั้งแต่ 1666 โดยหนังสือเล่มดังกล่าวมีเชื่อว่า "optics" ซึ่งเหตุผลประการหนึ่งที่นิวตันยอมเขียนหนังสือเล่มนี้ ก็เนื่องจากฮุกได้เสียชีวิตลงไปก่อนแล้ว ถ้าฮุกยังมีชีวิตอยู่ก็คงจะมีเรื่องขัดแย้งกับนิวตันอย่างไม่มีข้อยุติ

ในปี 1705 (อายุ 63 ปี) นิวตันได้รับพระราชทานยศชั้นอัศวิน ในตำแหน่งเซอร์ จากสมเด็จพระราชินีแอน ซึ่งถือได้ว่าเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ได้รับเกียรตินี้

วิหารเวสต์มินสเทอร์ แอบบี

นิวตันเสียชีวิตลงในวันที่ 20 มีนาคม 1727 ด้วยวัย 84 ปี ศพของนิวตันถูกฝังไว้ที่วิหารเวสต์มินสเทอร์ แอบบี ในกรุงลอนดอน ซึ่งเป็นสถานที่ฝังพระศพของกษัตริย์ ราชินี และเชื้อพระวงษ์ชั้นสูงเท่านั้น



รูปปั้นของไอแซค นิวตัน ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์



วิหารเวสต์มินสเทอร์ แอบบี ในกรุงลอนดอน

เอ็ดวิน พาวเวลล์ ฮับเบิล(ค.ศ. 1889 – 1953)



หลายๆ ท่านอาจจะเคยได้ยินชื่อ "กล้องดูดาวฮับเบิล" ซึ่งเป็นกล้องดูดาวที่ไม่ได้อยู่บนพื้นโลกของเรา แต่เป็นกล้องที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรในอวกาศรอบโลกของเรา โดยชื่อของกล้องดังกล่าวได้ถูกตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติให้กับเอ็ดวิน พาวเวลล์ ฮับเบิล นักดาราศาสตร์ชาวอเมริกันผู้ยิ่งใหญ่ ทั้งนี้ในแวดวงนักดาราศาสตร์เป็นที่ทราบดีว่า ฮับเบิลเป็นผู้ที่เปลี่ยนความเข้าใจของนักดาราศาสตร์ทั้งหลายในเรื่อง ธรรมชาติของเอกภพ โดยฮับเบิลได้แสดงให้เห็นว่ายังมีกาแล็กซีอื่นๆ อีกที่ปรากฏอยู่ใกล้กับกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา โดยกาแล็กซีต่างๆ เคลื่อนที่ห่างออกไปจากโลกของเราด้วยความเร็วที่สัมพันธ์กับระยะทาง ซึ่งความหมายอีกนัยหนึ่งก็คือ เอกภพหรือจักรวาลมีการขยายตัวออกไป นอกจากนี้ฮับเบิลยังค้นพบว่า แสงที่เดินทางมาจากกาแล็กซีอื่นนั้น จะมีองศาของการเลื่อนไปทางแดง (ความยาวคลื่นของเส้นสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นไปจากเดิม) เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับระยะระหว่างกาแล็กซีและทางช้างเผือก ซึ่งต่อมาได้ถูกเรียกว่า "กฎของฮับเบิล (Hubble’s law)"

วัยเยาว์

ฮับเบิลเกิดที่มิสซูรีในปี 1889 จากนั้นในปี 1898 ครอบครัวของฮับเบิลได้ย้ายไปพำนักที่นครชิคาโก ในวัยเยาว์ฮับเบิลมีความสามารถพิเศษทางด้านกรีฑา โดยฮับเบิลสามารถทำลายสถิติกระโดดสูงของรัฐอิลินอยส์ลงได้ สำหรับในด้าน

การศึกษา ฮับเบิลมีผลการเรียนที่ดี และได้เข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัยชิคาโก โดยสนใจเรียนด้านคณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์ และปรัชญา โดยฮับเบิลสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในปี 1910 หลังจากนั้นฮับเบิลได้รับทุนการศึกษา “Rhodes scholarship” โดยเข้าเรียนด้านกฎหมาย ณ มหาวิทยาลัยอ็อกฟอร์ด แห่งประเทศอังกฤษ



ฮับเบิล กล้องโทรทรรศน์ที่ถูกตั้งชื่อเพื่อเป็นเกียรติแก่เอ็ดวิน พาวเวลล์ ฮับเบิล

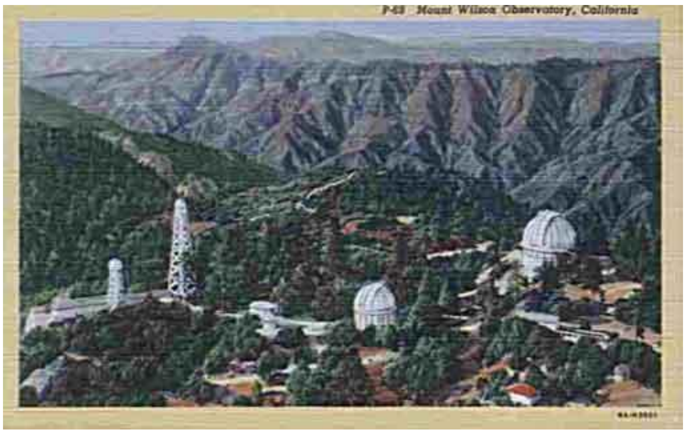
เริ่มต้นทำงาน

หลังจากจบการศึกษาและเดินทางกลับไปที่สหรัฐอเมริกา ฮับเบิลทำงานเป็นคุณครูและโค้ชทีมบาสเกตบอลของโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งที่รัฐ อินเดียนา ทั้งนี้ไม่มีเอกสารชิ้นใดที่ระบุว่าฮับเบิลได้ฝึกงานทางด้านกฎหมายเลย จากนั้นฮับเบิลได้เข้ารับใช้ชาติในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 ภายหลังสงครามฮับเบิลตัดสินใจที่วางอนาคตของตนเองในด้านดาราศาสตร์ โดยเข้าทำงานพร้อมกับศึกษาระดับปริญญาเอก ณ หอดูดาวเยอร์เคสของมหาวิทยาลัยชิคาโก โดยฮับเบิลสำเร็จการศึกษาปริญญาเอกเมื่อปี 1917

ในปี 1919 ฮับเบิลได้รับข้อเสนอให้เป็นนักวิจัยที่หอดูดาวเมาท์ วิลสัน ใกล้กับพาสาดีนา แคลิฟอเนีย ซึ่งฮับเบิลได้เริ่มงานวิจัยด้านดาราศาสตร์อย่างจริงจัง

การค้นพบ

ฮับเบิลเริ่มต้นงานวิจัยด้านดาราศาสตร์โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 100 นิ้ว ณ หอดูดาวเมาท์ วิลสัน ซึ่งในยุคนั้นถือได้ว่าเป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก จากความเชื่อดั้งเดิม ณ เวลานั้นที่เชื่อว่าจักรวาลประกอบด้วยกาแล็กซีทางช้างเผือกทั้งหมด



หอดูดาวเมาท์ วิลสัน

ฮับเบิลเป็นคนแรกที่ได้ชี้ให้เห็นว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา นั้นเป็นเพียงหนึ่งในหลายๆ กาแล็กซีที่อยู่ใน จักรวาล แต่ความเห็นของฮับเบิลก็ได้รับการต่อต้านจากนักดาราศาสตร์หลายๆ ท่านในยุคนั้น ฮับเบิลต้องใช้เวลาในการทำวิจัยอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในปี 1925 ฮับเบิลจึงประสบผลสำเร็จในการพิสูจน์และยืนยันสิ่งที่ฮับเบิลได้กล่าวไว้ ก่อนหน้านี้ ซึ่งการค้นพบในครั้งนี้ถือได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจครั้งใหญ่ใน เรื่องของจักรวาล



ฮับเบิลกับกล้องโทรทรรศน์



กล้องโทรทรรศน์ขนาด 100 นิ้ว ณ หอดูดาวเมาท์ วิลสัน

กฎของฮับเบิล

กฎของฮับเบิล : ความเร็วของกาแล็กซีที่เคลื่อนถอยห่างไปจากเรา(คำนวณจากการเลื่อนไปทางแดง) มีค่าเท่ากับระยะทางระหว่างเราและกาแล็กซี คูณกับค่าคงที่ที่ถูกเรียกว่า "ค่าคงที่ของฮับเบิล" โดยที่ระยะทางมีหน่วยเป็นล้านพาร์เซ็ก (พาร์เซ็ก : เป็นหน่วยวัดระยะทาง มีค่าเท่ากับระยะทางจากโลกถึงวัตถุที่มีแพแรลแลกซ์รายปีเท่ากับ 1 พิลิปดา เทียบเท่า 3.0857×10^{12} กิโลเมตร หรือ 3.2616 ปีแสง หรือ 206,265 หน่วยดาราศาสตร์)

จิโอวานนิ โดมีนิโค แคสซีนี(ค.ศ. 1625 – 1712)



แคสซีนีเป็นนักคณิตศาสตร์ นักดาราศาสตร์ วิศวกร และนักโหราศาสตร์ชาวอิตาเลียน เกิดที่เมืองเปอร์รินัลโด ใกล้กับซานรีโม ซึ่ง ณ เวลานั้นอยู่ในสาธารณะรัฐเจนัว หลังจากที่แคสซีนีย้ายไปยังฝรั่งเศสเพื่อทำงานด้านดาราศาสตร์ให้กับราชสำนัก สมัยพระเจ้าหลุยส์ที่ 14 แคสซีนีได้เปลี่ยนชื่อเป็นฌองน์ โดมินิก แคสซีนี

แคสซีนีเป็นคนแรกในตระกูลแคสซีนีที่ดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการ หอดูดาว ณ กรุงปารีส จึงถูกเรียกว่า Cassini I หลังจากนั้นอีก 3 คนในตระกูลได้แก่ บุตร (Cassini II) หลานชาย (Cassini III) และ บุตรของหลานชาย (Cassini IV) ก็ได้สืบทอดการเป็นนักดาราศาสตร์ที่กรุงปารีส

วัยเยาว์

ตามประวัติของแคสซีนีแล้ว มีการระบุการเริ่มเข้าศึกษาในวัยเยาว์ไม่ชัดเจน ทราบแต่เพียงว่าแคสซีนีอยู่ในความอุปการะของลุง หลังจากได้รับการศึกษาที่วอลลีบอนเป็นเวลาสองปี แคสซีนีได้เข้าศึกษาที่วิทยาลัยเจซูอิตในเจนัว และต่อจากนั้นแคสซีนีได้เข้าศึกษาที่โบสถ์ของเมือง San Fructuoso ที่ซึ่งแคสซีนีได้แสดงอยากรู้อยากเห็นและสนใจในสาขาวิชาวรรณกรรม คณิตศาสตร์และดาราศาสตร์

ชีวิตนักดาราศาสตร์

น้อยคนอาจจะไม่ทราบว่า ความสนใจแรกเริ่มของแคสซีนีนั้นกลับเป็นเรื่องโหราศาสตร์แทนที่จะเป็นดาราศาสตร์ แคสซีนีศึกษาและค้นคว้าอย่างจริงจัง จนทำให้เขามีความรู้เรื่องโหราศาสตร์เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม แคสซีนีก็ยอมรับว่าการทำนายทางโหราศาสตร์ยังเป็นเรื่องที่ยังพิสูจน์ไม่ได้ และเป็นเรื่องที่แปลกมาก ที่ความรู้ทางด้านโหราศาสตร์มีส่วนทำให้แคสซีนีได้งานครั้งแรกและเป็นด้าน ดาราศาสตร์เสียด้วย ทั้งนี้มีวุฒิสภาเมืองโบโลญญาท่านหนึ่งที่มีความสนใจในเรื่องโหราศาสตร์ได้ เชิญแคสซีนีไปยังเมืองโบโลญญา จากนั้นวุฒิสภาท่านนั้นได้เสนอตำแหน่งงานนักดาราศาสตร์ที่หอดูดาว ณ พานซาโน ซึ่งสร้างขึ้นโดยวุฒิสภาท่านนั้น แคสซีนีรับข้อเสนอดังกล่าว และทำงานด้านดาราศาสตร์ที่หอดูดาวพานซาโน ในช่วงปี 1648 ถึง 1669

ปี 1950 ได้รับดำรงตำแหน่งเป็นศาสตราจารย์ด้านดาราศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยโบโลญญา แคสซีนีได้สร้างหอดูดาวขึ้นที่คอหอยของโบสถ์เซ็นปีโตนิโอเพื่อสังเกตการณ์ดาวหาง



เมืองโบโลญญา

ในช่วงปี 1652 ถึง 1653 ที่แคสซีนีได้สังเกตการณ์ดาวหาง เขาได้ตีพิมพ์การสังเกตการณ์ของเขาไว้หลายฉบับ ผลจากการสังเกตการณ์ดาวหาง แคสซีนีได้เริ่มเชื่อในแบบจำลองระบบสุริยจักรวาลของทิโค บราห์ ที่ระบุว่าโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล อย่างไรก็ตาม ภายหลังต่อมา แคสซีนีได้ศึกษาโดยละเอียดและพบว่าแบบจำลองดังกล่าวผิดพลาด โดยที่จริงแล้วดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของจักรวาล เขาจึงเปลี่ยนมายอมรับแบบจำลองของโคเปอร์นิคัส ทั้งนี้เขาพบว่าดาวหางจะโคจรเป็นวงกลมรอบดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นศูนย์กลางของการโคจร



ดาวหาง

ในปี 1664 แคสซีนีได้ใช้กล้องโทรทรรศน์ตัวใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (ประดิษฐ์โดยช่างทำเลนส์ชาวกรุงโรม) ในการสังเกตดวงดาว โดยในเดือนกรกฎาคม 1664 แคสซีนีได้วัดคาบเวลาการหมุนรอบตัวเองของดาวพฤหัสบดีและพบว่าดาวพฤหัสบดีมี ลักษณะการหมุนที่ไม่สม่ำเสมอภายในชั้นบรรยากาศของดาวพฤหัสบดีเอง นอกจากนี้ แคสซีนีได้ค้นพบจุดแดงยักษ์ของดาวพฤหัสบดี และได้พบว่าดาวพฤหัสบดีมีลักษณะแบนที่ขั้วโลก



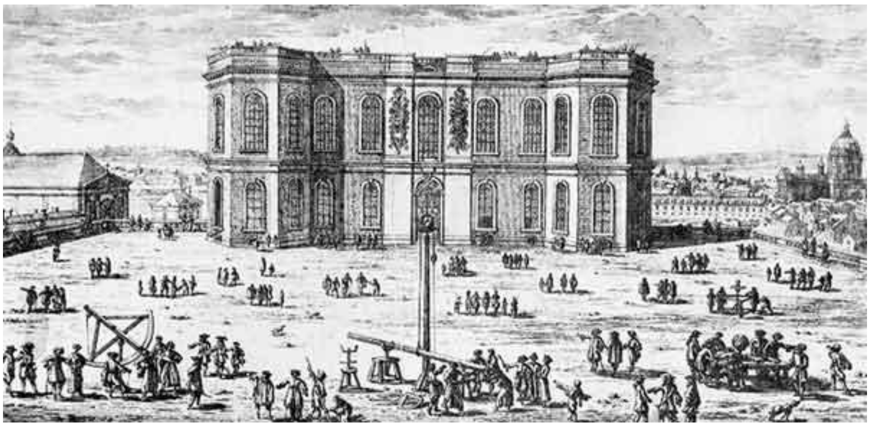
จุดแดงยักษ์ของดาวพฤหัสบดี

แคสซีนีได้ตีพิมพ์ผลงานถึงรายละเอียดของการสังเกตการณ์ดวงจันทร์ ของดาวพฤหัสบดีในปี 1668 และข้อมูลของแคสซีนีนี้เองที่ Romer ได้นำมาใช้ในการคำนวณความเร็วของแสงในอีก 7 ปีต่อมารับราชการในราชสำนักของฝรั่งเศส



พระเจ้าหลุยส์ที่14 แห่งฝรั่งเศส

จากผลงานการค้นพบที่โดดเด่น ทำให้แคสซีนีได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ และนำไปสู่การได้รับเชิญให้เข้าร่วมทำงานให้กับราชสำนักของพระเจ้าหลุยส์ที่ 14 ในปี 1668 ซึ่งการก่อสร้างหอดูดาว ณ กรุงปารีส เพิ่งจะเริ่มสร้างขึ้น ทั้งนี้แคสซีนีได้รับข้อเสนอด้วยเงินเดือนที่สูงพร้อมที่พัก และที่สำคัญเขาสามารถที่จะนำเสนอโครงการการสังเกตการณ์ ณ ต่างแดนได้ด้วย ทั้งนี้สภาของโบโลญญาและพระสันตปาปาทรงอนุญาติให้แคสซีนีรับข้อเสนอของ ฝรั่งเศส โดยมีการคาดการณ์ว่าจะเป็นการทำงานที่ไม่เกินสองปี



หอดูดาว ณ กรุงปารีส ขณะก่อสร้าง

เมื่อแคสซีนีได้ร่วมงานกับสถาบันวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ของ ฝรั่งเศสแล้ว แคสซีนีก็มีความตั้งใจที่จะกลับไปสานต่องานที่อิตาลี อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากที่ได้รับตำแหน่งเป็นผู้อำนวยการหอดูดาว ณ กรุงปารีส ในปี 1671 แคสซีนีก็เปลี่ยนทัศคติในการที่จะกลับไปยังอิตาลี ทั้งนี้แคสซีนีได้รับสถานะใหม่เป็นพลเมืองของผรั่งเศสในอีกสองปีถัดมา และได้เปลี่ยนชื่อเป็น ฌองช์ โดมินิค แคสซีนี

การค้นพบที่สำคัญ

ณ หอดูดาว ณ กรุงปารีส แคสซีนีได้ค้นพบหลายสิ่งหลายอย่างที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างขนานใหญ่ โดยใช้กล้องโทรทรรศน์ที่นำมาด้วยจากอิตาลี แคสซีนีเป็นบุคคลแรกที่สังเกตดวงจันทร์ทั้งสี่ของดาวเสาร์ ซึ่งเขาเรียกมันว่า *Sidera Lodoicea* โดยได้แก่ Iapetus (1671), Rhea (1672), Tethys (1684) และ Dione (1684)

ชื่อ *Sidera Lodoicea* มีความหมายว่า ดวงดาวของพระเจ้าหลุยส์ ทั้งนี้แคสซีนีตั้งชื่อดังกล่าวเพื่อเป็นเกียรติแก่พระเจ้าหลุยส์ที่ 14



Iapetus Rhea Tethys Dione

ดวงจันทร์ทั้งสี่ของดาวเสาร์



ดาวเสาร์และดวงจันทร์ทั้งสี่

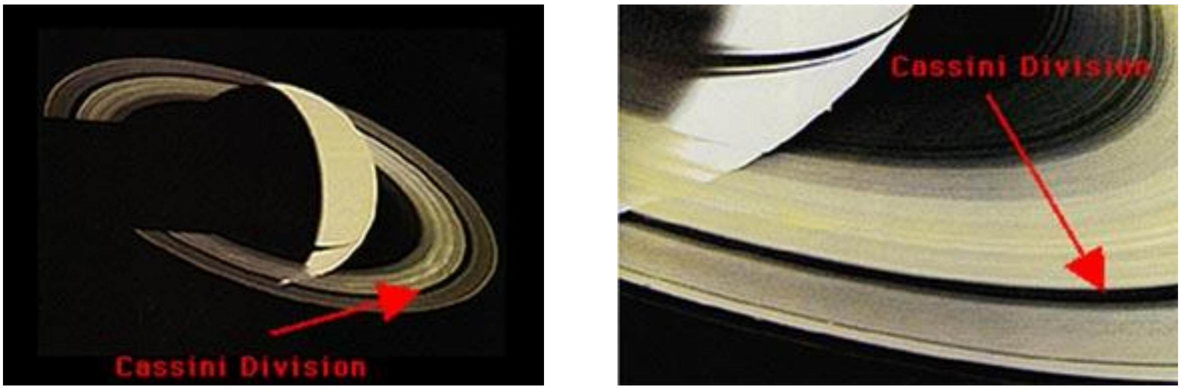
แคสซีนีเป็นคนแรกในประวัติศาสตร์โลกที่ประสบผลสำเร็จในการหาเส้น ลองจิจูดโดยใช้วิธีที่เสนอแนะโดยกาลิเลโอ ซึ่งใช้การเกิดอุปคาราของดาวบริวารของดาวพฤหัสบดีเป็นนาฬิกา ตารางดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีที่แคสซีนีทำขึ้นได้ถูกใช้ในการคำนวณหาเส้น ลองจิจูด เพื่อบอกเวลา ณ สถานที่ต่างๆ บนพื้นโลก

ในปี 1672 แคสซีนีได้ทำการทดลองซึ่งถือว่าเป็นครั้งแรกของมนุษยชาติที่ต้องการวัดมิติ ของระบบสุริยะ โดยในครั้งนั้น แคสซีนีได้ส่งผู้ร่วมงาน ฌองช์ ริเชอร์ ไปยังเมือง Cayenne ประเทศอาณานิคมของฝรั่งเศสที่ทวีปอเมริกาใต้ French Guiana ในขณะที่แคสซีนียังคงอยู่ที่กรุงปารีส จากนั้นทั้งคู่ทำการสังเกตการณ์ดาวอังคารพร้อมๆ กัน จนกระทั่งพบการเกิดแพรัลแลกซ์ (parallax เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งปรากฏของวัตถุเมื่อมองจากจุดสังเกตสองจุดตัดกัน) ของระบบสุริยะ ทำให้สามารถบอกระยะระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ได้

นอกจากนี้ ฌองช์ ริเชอร์ ยังได้ทำการทดลองด้วยตุ้มนาฬิกา พบว่าคาบเวลา 1 วินาที ณ เมือง Cayenne จะสั้นกว่าเวลา ณ กรุงปารีส ข้อมูลนี้ทำให้ ริเชอร์อธิบายว่า ณ ขั้วโลกจะมีลักษณะแบนมากกว่า ซึ่งเป็นการยืนยันและสนับสนุนทฤษฎีของนิวตันและไฮเกนส์ แต่แคสซีนีไม่เห็นด้วยกับคำอธิบายดังกล่าวโดยพยายามหาการทดลองที่จะอธิบาย ว่าโลกมีรูปร่างเป็นทรงกลมที่สมบูรณ์

นอกจากนี้ ในปี 1675 แคสซีนียังได้ค้นพบ ช่องแบ่งแคสซีนี และแคสซีนียังเสนอได้อย่างถูกต้องว่า โดยแท้ที่จริงแล้ว วงแหวนแต่ละวงประกอบด้วยก้อนหินที่เล็กเป็นจำนวนมากที่โคจรอยู่รอบดาวเสาร์ โดยก้อนหินเหล่านั้นรวมตัวกันเป็นกลุ่มในแต่ละวงโคจรทำให้ดูเหมือนกับเป็นวง แหวนดังที่เราเห็น

ช่องแบ่งแคสซีนี (Cassini Division) : เป็นช่องว่างขนาด 4,700 กิโลเมตร ที่อยู่ระหว่างวงแหวนเอ และวงแหวนบี ในวงแหวนดาวเสาร์ เกิดจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ไมมาส
ที่มา : พจนานุกรมศัพท์ดาราศาสตร์ อังกฤษ-ไทย, สมาคมดาราศาสตร์ไทย, 2548



ช่องแบ่งแคสซีนี

ที่มา http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/solar_system_level2/cassini_division.html

ผลงานที่สำคัญชิ้นสุดท้ายของแคสซีนีคือ การค้นพบแสงจักรราศีนั้นเป็นผลของฝุ่นขนาดเล็กที่อยู่ในระนาบสุริยะสะท้อนแสงอาทิตย์

แสงจักรราศี (zodiacal light) : เป็นแสงจางที่ผ่านไปตามแนวเส้นสุริยวิถี เกิดจากฝุ่นขนาดเล็กที่อยู่ในระนาบสุริยะสะท้อนแสงอาทิตย์ โดยสว่างเป็นพิเศษบริเวณทิศตะวันตกหลังดาวอาทิตย์ลับฟ้า หรือทางทิศตะวันออกก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น และบริเวณตรงข้ามกับดวงอาทิตย์ มองเห็นได้ในคืนที่ทัศนวิสัยดี
ที่มา : พจนานุกรมศัพท์ดาราศาสตร์ อังกฤษ-ไทย, สมาคมดาราศาสตร์ไทย, 2548



แสงจักรราศี

ช่วงท้ายของชีวิต

ในช่วงปี 1709 สุขภาพของแคสซีนีได้เริ่มแย่ลง ทำให้บุตรชายของแคสซีนีชื่อ ชาคส์ แคสซีนี ผู้ซึ่งได้ทำงานด้านดาราศาสตร์ร่วมกับบิดามาโดยตลอด ต้องเริ่มเข้ามารับหน้าที่แทนแคสซีนี โดยเป็นผู้อำนวยการหอดูดาว ณ กรุงปารีส

และเป็นนักดาราศาสตร์ที่สำคัญของหอดูดาวด้วย ในปี 1711 ตาของแคสซีนีได้บอดสนิท ถึงแม้ว่าตาจะบอด แคสซีนียังมีส่วนร่วมในงานทางวิทยาศาสตร์และทางศาสนา จนกระทั่งเสียชีวิตลง เมื่อวันที่ 14 กันยายน 1712 ณ กรุงปารีส

จากการค้นพบมากมายทางดาราศาสตร์ องค์การอวกาศหลายชาติได้นำชื่อของแคสซีนีมาเป็นเกียรติตั้งชื่อให้กับยาน สำรวจดาวเคราะห์ต่างๆ โดยเฉพาะกับดาวเสาร์และดวงจันทร์ของดาวเสาร์

โจฮันเนส เคปเลอร์(ค.ศ. 1571 – 1630)



เคปเลอร์เป็นทั้งนักคณิตศาสตร์ นักโหราศาสตร์และนักดาราศาสตร์ โดยมีชาติกำเนิดเป็นชาวเยอรมัน ผลงานที่สำคัญของเคปเลอร์ได้แก่ กฎสามข้อที่ว่าด้วยการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญทางดาราศาสตร์และวิศวกรรมระบบดาวเทียม

วัยเยาว์ของเคปเลอร์

เคปเลอร์เกิดในครอบครัวที่ยากจน บิดาของเคปเลอร์มีอาชีพเป็นทหารรับจ้าง และได้จากครอบครัวไปร่วมรบในสงครามที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ในขณะที่เคปเลอร์มี อายุได้ 5 ขวบ โดยไม่ได้กลับคืนสู่มาตุภูมิอีกเลย มารดาของเคปเลอร์เป็นบุตรสาวของเจ้าของโรงแรมเล็กๆในเมือง

ในวัยเยาว์ เคปเลอร์มีสุขภาพที่ไม่แข็งแรง โดยอายุได้ 4 ขวบ เคปเลอร์ป่วยเป็นไข้ทรพิษ ทำให้สายตาไม่ดีและมือพิการไปข้างหนึ่ง แต่เคปเลอร์เป็นเด็กที่มีความเฉียวฉลาด และชอบที่จะอธิบายคณิตศาสตร์ที่เข้าใจได้ยากให้แก่แขกที่มาพักที่โรงแรมของ ตา และจากการที่มีผู้แนะนำเรื่องดาราศาสตร์ให้แก่เคปเลอร์ในขณะวัยเยาว์ ทำให้เคปเลอร์ได้มีพัฒนาการที่ชอบและรักดาราศาสตร์ โดยในปี 1577 ขณะที่มีอายุได้ 6 ขวบ เคปเลอร์ได้สังเกตดาวหาง โดยเขาได้ร้องขอให้มารดาพาไปยังบริเวณที่สูงที่สุดเพื่อจะสังเกตเห็นดาวหาง ได้ชัดเจน และในปี 1580 เคปเลอร์ในวัย 9 ขวบได้สังเกตปรากฏการณ์จันทรุปราคา ซึ่งมีลักษณะสีแดง

เนื่องจากฐานะที่ยากจน ทำให้เคปเลอร์ได้รับการศึกษาแบบไม่ค่อยต่อเนื่องนัก จนกระทั่งในปี 1589 เคปเลอร์ได้รับทุนจากศาสนจักร ทำให้ได้เข้าศึกษาด้านศาสนาที่มหาวิทยาลัยทูบิงเงิน เคปเลอร์ได้พิสูจน์ให้อาจารย์และคนรอบข้างได้ประจักษ์ว่าตัวเขาเองมีความ เป็นเลิศทางคณิตศาสตร์และมีทักษะโด่งดังทางด้านโหราศาสตร์ ภายใต้ความดูแลของศาสตราจารย์ มิคาเอล แมสท์ลิน ได้ทำให้เคปเลอร์ได้เรียนรู้แบบจำลองของปโตเลมี และของโคเปอร์นิคัส โดยที่เคปเลอร์เชื่อและเห็นด้วยกับแนวความคิดโคเปอร์นิคัสที่กำหนดให้ดวง อาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะจักรวาล



ดาวหางในปี 1577

หลังจากสำเร็จการศึกษาที่ทูบิงเงิน ในปี 1594 เคปเลอร์ได้ทำงานเป็นครูสอนคณิตศาสตร์และดาราศาสตร์ที่โรงเรียนโปรเตสแตนต์ในเมืองกราซ ประเทศออสเตรีย

ผลงานชิ้นแรกของเคปเลอร์

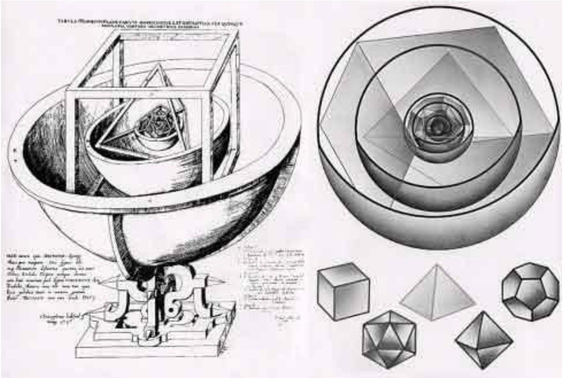
ในระหว่างที่สอนหนังสืออยู่ที่กราซเป็นเวลา 6 ปี (1954 - 1600) เคปเลอร์ได้เขียนหนังสือเล่มแรกของเขาขึ้น มีชื่อว่า Mysterium Cosmographicum ซึ่งกล่าวถึงปริศนาลึกลับของจักรวาล โดยพิมพ์ครั้งแรกเมื่อปี 1956 ซึ่งเนื้อหาในหนังสือดังกล่าวได้อธิบายถึงเหตุผลที่เคปเลอร์คิดและเชื่อว่า ทฤษฎีจักรวาลของโคเปอร์นิคัสมีความเป็นไปได้และสมเหตุผลมากกว่าทฤษฎีจักรวาล ของปโตเลมี



เคปเลอร์นำเสนอแบบจำลองสุริยจักรวาลที่มีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง และอธิบายถึงความสัมพันธ์ของระยะระหว่างดาวเคราะห์ทั้งหก (ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี และ ดาวเสาร์) โดยใช้รูปทรง 5 ชิ้นที่บรรจุอยู่ภายในทรงกลม ซึ่งทรงกลมที่อยู่ด้านนอกสุดแสดงถึงวงโคจรของดาวเสาร์ ภายในทรงกลมดังกล่าวเราสามารถบรรจุลูกบาศก์เข้าไปได้และภายในลูกบาศก์เองก็ จะมีทรงกลมที่สองบรรจุอยู่ โดยทรงกลมที่สองที่กล่าวถึงนี้จะแสดงถึงวงโคจรของดาวพฤหัสบดี

ในทำนองเดียวกัน รูปทรงกรวยสามเหลี่ยมสามารถบรรจุอยู่ในทรงกลมที่สอง และภายในรูปทรงกรวยสามเหลี่ยมจะมีทรงกลมที่สามซ้อนอยู่ภายใน ซึ่งทรงกลมที่สามนี้แสดงถึงเส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวอังคาร

เมื่อพิจารณาระหว่างทรงกลมที่สาม (ดาวอังคาร) และทรงกลมที่สี่ (โลก) เราสามารถบรรจุรูปทรงสิบสองหน้าเข้าไปได้ และระหว่างทรงกลมที่สี่ (โลก) และทรงกลมที่ห้า (ดาวศุกร์) เราสามารถบรรจุรูปทรงยี่สิบหน้าเข้าไปได้ และท้ายที่สุดจะเป็นระหว่างทรงกลมที่ห้า (ดาวศุกร์) และทรงกลมที่หก (ดาวพุธ) เราสามารถบรรจุรูปทรงแปดหน้าเข้าไปได้



โดยที่คำอธิบายข้างต้น ได้สะท้อนถึงขนาดวงโคจรของดาวเคราะห์ทั้งหกที่โคเปอร์นิคัสได้เสนอไว้ โดยมีความผิดพลาดประมาณ 10 % แต่ก็ใช้งานเป็นแบบจำลองจักรวาลได้

เคปเลอร์ร่วมงานกับ ทิโค บราห์

เคปเลอร์ได้ส่งหนังสือ Mysterium cosmographicum ให้ทิโค บราห์ นักดาราศาสตร์ที่มีชื่อเสียงที่สุดในยุคสมัยนั้น เมื่อทิโคอ่านแล้ว ได้ประจักษ์ถึงความสามารถทางคณิตศาสตร์ของเคปเลอร์ จึงได้ชวนให้เคปเลอร์มาทำงานเป็นผู้ช่วยของทิโคที่หอดูดาวเมือง Benatky nad Jizerou ชานกรุงปราก ซึ่งมีองค์จักรพรรดิรูดอล์ฟที่ 2 ทรงเป็นผู้อุปถัมภ์กิจกรรมด้านดาราศาสตร์ให้แก่ทิโค เคปเลอร์ได้ร่วมทำงานกับทิโคเป็นเวลาเกือบ 2 ปี จนกระทั่งทิโคได้เสียชีวิตลงอย่างกระทันหัน และเคปเลอร์ได้รับการแต่งตั้งเป็นนักคณิตศาสตร์ประจำราชสำนักของจักรพรรดิรู ดอล์ฟที่ 2 แทนทิโค นอกจากตำแหน่งดังกล่าวแล้ว เคปเลอร์ยังได้ครอบครองข้อมูลบันทึกดวงดาวของทิโคที่ทิโคได้ทำการสังเกตและ บันทึกไว้ตลอดช่วงชีวิตของทิโค ซึ่งถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีค่ามาก



อนุสาวรีย์ทิโค บราห์ และโยฮันเนส เคปเลอร์ ณ กรุงปราก สาธารณเช็ก



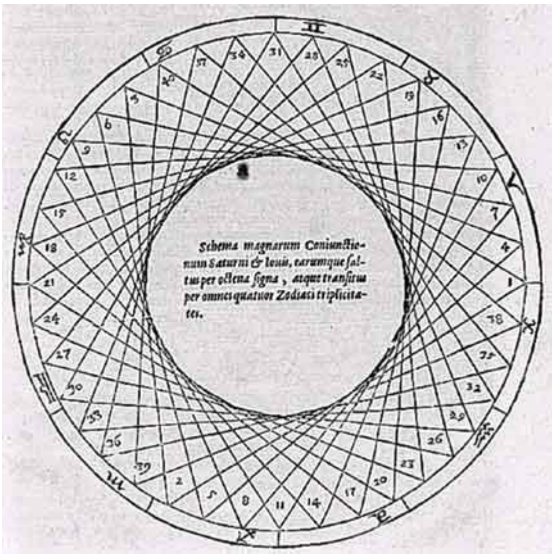
เคปเลอร์ถวายคำอธิบายด้านดาราศาสตร์แก่จักรพรรดิรูดอล์ฟที่ 2

ในขณะที่ร่วมงานกับทิโค เคปเลอร์ไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดของทิโคในเรื่องของระบบสุริยะ โดยทิโคเข้าใจว่าโลกเป็นศูนย์กลางของระบบตามแบบจำลองของปโตเลมี โดยมีดวงอาทิตย์และดวงจันทร์หมุนรอบโลก แต่ที่แตกต่างจากปโตเลมี ก็คือทิโคระบุว่าดาวเคราะห์ทั้งหกดวงหมุนรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งคล้ายกับแบบจำลองจักรวาลของโคเปอร์นิคัส แต่เคปเลอร์มีความเห็นตามแบบจำลองของโคเปอร์นิคัสที่ระบุว่าดวงอาทิตย์เป็น ศูนย์กลางของระบบสุริยะ โลกและดาวเคราะห์ทั้งหมดโคจรรอบดวงอาทิตย์

นอกจากนี้ ในระหว่างที่ร่วมงานกับทิโค เคปเลอร์ก็ได้ช่วยทิโคทำตารางบัญชีแสดงตำแหน่งดวงดาวบนท้องฟ้าสำหรับช่วยนัก เดินเรือ โดยตารางบัญชีนี้ได้บอกถึงตำแหน่งของดวงดาวต่าง ๆ ที่ไม่ได้เคลื่อนที่ ซึ่งทิโคทำไว้ทั้งหมด 777 ดวง แต่ต่อมาเคปเลอร์ได้ค้นพบเพิ่มเติมอีกได้ 228 ดวง ทำให้ทราบตำแหน่งดวงดาวในยุคนั้นถึง 1,005 ดวง

เคปเลอร์กับโหราศาสตร์

นอกจากความรู้ด้านดาราศาสตร์แล้ว ย้อนกลับไปในขณะที่เคปเลอร์ศึกษาที่มหาวิทยาลัยทูบิงเงิน เคปเลอร์ได้ศึกษาด้านโหราศาสตร์จนมีทักษะประจักษ์แก่คนรอบข้าง และเมื่อเคปเลอร์ได้สังเกตการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์และตำแหน่งของดาวฤกษ์ เคปเลอร์ได้สังเกตตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของดาวเหล่านี้และเทียบกับเรื่อง ราวของชีวิตประจำวันของตนเองว่า เมื่อดาวดวงนั้นโคจรไปอยู่ในราศีใดและมีเหตุการณ์อะไรเกิดกับเขาบ้าง จึงเป็นพัฒนาการในการสะสมประการณ์ทางโหราศาสตร์ จากการสังเกตอย่างละเอียดและถูกต้องของเคปเลอร์ ทำให้เคปเลอร์ได้ทราบความจริงหลายอย่างที่ความรู้ทางดาราศาสตร์และ โหราศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งในปัจจุบันนี้ก็ยังเป็นที่เชื่อถือกันอยู่

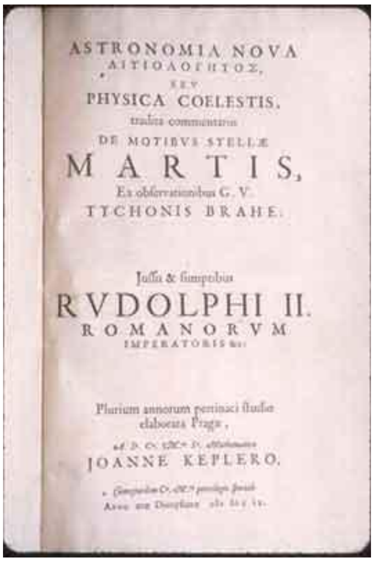


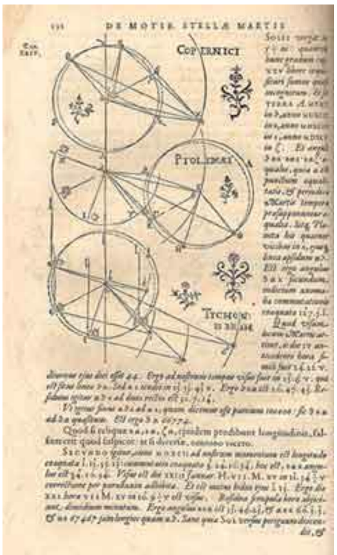
แผนภาพจากหนังสือ Mysterium Cosmographicum แสดงรูปแบบของการที่ดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์โคจรมาซ้อนอยู่ในแนวเดียวกัน ซึ่งถูกนำมาใช้ในเชิงโหราศาสตร์ (ภาพจาก Master and Fellows of Trinity College, Cambridge)

ดาวอังคาร : กุญแจแห่งความสำเร็จของเคปเลอร์

ถึงแม้เคปเลอร์จะทำงานร่วมกับทิโค แต่จุดมุ่งหมายกลับแตกต่างกัน โดยเคปเลอร์สนใจในวงโคจรของดาวอังคารเป็นอย่างมาก และเมื่อทิโคเสียชีวิตลง เคปเลอร์ได้ทุ่มเทการทำงานในเรื่องวงโคจรดาวอังคาร โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งดาวอังคารที่ถูกบันทึกเป็นจำนวนมากโดยทิโค เคปเลอร์ใช้เวลาร่วม 9 ปี ในการวิเคราะห์จนได้ข้อสรุปว่า ดาวอังคารโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นไปตามที่โคเปอร์นิคัสได้กล่าวไว้ในหนังสือ "De Revolutionibus Orbium Coelestium" นอกจากนี้จากการวิเคราะห์พบว่าวงโคจรของดาวอังคารไม่ได้เป็นวงกลมดังที่เข้าใจกันมา ก่อน แต่วงโคจรเป็นวงรีและมีดวงอาทิตย์อยู่ที่ตำแหน่งโฟกัสของวงรีดังกล่าว

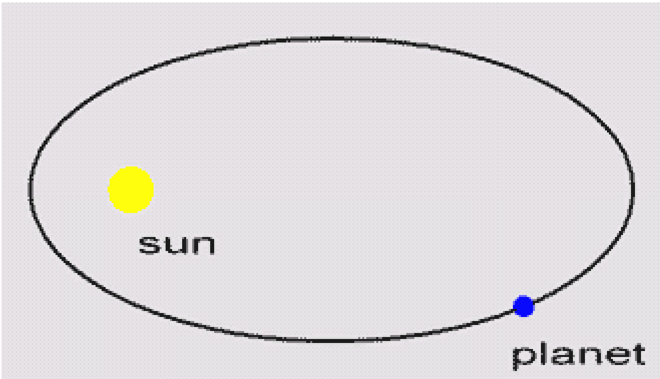
เคปเลอร์ได้เขียนหนังสือชื่อ Astronomia Nova (New Astronomy) โดยตีพิมพ์เมื่อปี 1609 เคปเลอร์ได้นำเสนอกฎ 2 ข้อ ที่ว่าด้วยการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ ซึ่งเป็นผลงานจากการทุ่มเทในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากที่บันทึกโดยทิโค





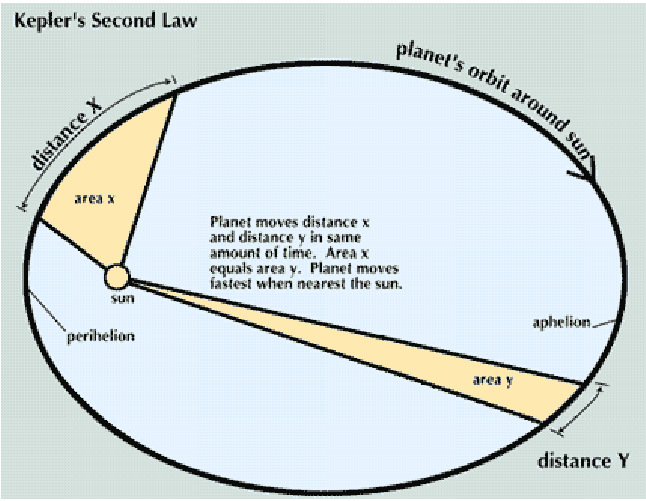
กฎข้อที่หนึ่ง เคปเลอร์กล่าวไว้ว่า

"ดาวเคราะห์โคจรเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งโฟกัสของวงรี"



กฎข้อที่สอง เคปเลอร์กล่าวไว้ว่า

"พื้นที่ที่เกิดจากเส้นตรง (ลากจากดาวเคราะห์ไปยังดวงอาทิตย์) ที่ถูกทำให้เคลื่อนไปบนวงโคจรจะมีพื้นที่เท่ากัน ถ้าเวลาที่ดาวเคราะห์เคลื่อนไปมีค่าเท่ากัน"



พื้นที่ x มีค่าเท่ากับพื้นที่ y ถ้าค่าเวลา X มีค่ากับค่าเวลา Y

The Harmony of the World

ในปี 1612 เคปเลอร์ได้ย้ายไปพำนักที่เมืองลินซ์ หลังจากจักรพรรดิรูดอล์ฟที่ 2 ทรงสละราชบันลังก์ อีกทั้งเคปเลอร์เป็นคนที่เคร่งศาสนาซึ่งขัดแย้งกับแนวความคิดด้านศาสนาของ จักรพรรดิพระองค์ใหม่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางดาราศาสตร์ของทิโคและได้ผลลัพธ์นำมาสู่ การสร้างกฎ 2 ข้อของเคปเลอร์ในปี 1609 และตีพิมพ์ในหนังสือ Astronomia Nova หลังจากนั้นเป็นเวลาอีก 10 ปี ในขณะที่พำนักที่เมืองลินซ์ เคปเลอร์ได้นำเสนอกฎข้อที่ 3 ในหนังสือ *Harmonices mundi* ในปี 1619


Ioannis Keppleri
HARMONICES
MVNDI
LIBRI V. Quorum

Lincii Austriæ,

Anno M. DC. XIX.

กฎข้อที่สาม เคปเลอร์กล่าวไว้ว่า **"กำลังสองของเวลาที่ดาว เคราะห์ใช้ในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับกำลังที่สามของระยะทางเฉลี่ยที่ดาวเคราะห์ดวงนั้นอยู่ ห่างจากดวงอาทิตย์"**

กฎทั้ง 3 ข้อ ซึ่งเป็นผลงานของเคปเลอร์เป็นรากฐานที่สำคัญมากที่ได้สร้างพื้นฐานที่สำคัญ ให้นักวิทยาศาสตร์รุ่นต่อมา อาทิเช่น ไอแซค นิวตัน ได้สร้างทฤษฎีความโน้มถ่วง

เอดวาร์ด อีเมอร์สัน บาร์นาร์ด



เอดวาร์ด อีเมอร์สัน บาร์นาร์ด หรือ อี. อี. บาร์นาร์ด เป็นนักดาราศาสตร์ผู้มีชื่อเสียงว่าเป็นนักสังเกตการณ์ที่เด่นที่สุดคนหนึ่ง ในประวัติศาสตร์ของดาราศาสตร์ ว่ากันว่าเขาดูดาวเก่งและขยันไม่แพ้วิลเลียม เฮอร์เชล ผู้ค้นพบดาวยูเรนัส

เลยทีเดียว อี. อี. บาร์นาร์ดเกิดเมื่อปี ค.ศ. 1857 ในครอบครัวยากจนแห่งเมืองแนชวิลล์ มลรัฐเทนเนสซี ความยากจนทำให้เขาต้องอดมื้อกินมื้ออยู่เสมอ

เพื่อบรรเทาความทุกข์ยาก หนูน้อยบาร์นาร์ดมักชอบนอนดูดาวในค่ำคืนอันอบอุ่น พิจารณาฟากฟ้าอย่างละเอียด เอาดาวเป็นเพื่อนโดยไม่มีความรู้ทางดาราศาสตร์เลยแม้แต่นิดเดียว ในขณะนั้นเขาไม่มีทางรู้เลยว่าเพื่อนของเขาที่เจิดจรัสอยู่กลางฟ้าในฤดูร้อน มีชื่อว่าวีกา เขาจำดาวในท้องฟ้าได้มากมาย และไม่นานก็สังเกตเห็นว่าดาวบางดวงย้ายที่ไปในท่ามกลางหมู่ดาวทั้งหลาย โดยไม่รู้อีกเช่นกันว่าดาวเหล่านั้นเรียกว่าดาวเคราะห์

เมื่อหนูน้อยบาร์นาร์ดอายุได้ 8 ขวบ เขาได้เข้าทำงานในร้านถ่ายรูปของแวน สตาวอเรน งานของเขาคือการคอยโยกกล้องจูปิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาให้รับแสงดวง อาทิตย์โดยตรงตลอดเวลา เพื่อช่างภาพจะได้ใช้แสงนี้อัดรูปจากแผ่นเนกาทิฟ ถ้าเป็นเด็กคนอื่นคงไม่มีใครยอมทำงานแบบนี้ หรือถ้าทำก็คงทิ้งงานหลังจากตามดวงอาทิตย์ไปได้ไม่เท่าไร แต่บาร์นาร์ดกลับสนใจเรื่องตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งบางวันขึ้นสู่จุดสูงสุดตอนเที่ยงวัน แต่บางวันขึ้นสูงสุดก่อนเที่ยงหรือหลังเที่ยง บางทียังก่อนหรือหลังได้นานหลายนาที

บาร์นาร์ดได้เรียนรู้เมื่อหลายปีให้หลังว่าสิ่งที่เขาค้นพบ แต่ไม่รู้ว่าอะไร คือสมการเวลา ซึ่งเป็นค่าความต่างระหว่างเวลาสุริยคติเฉลี่ยกับเวลาสุริยคติปรากฏ เป็นผลจากการที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีและแกนหมุนของโลกที่ทำมุมเอียง กับระนาบสุริยวิถี (มีค่าเป็นศูนย์ได้ 4 ครั้งในรอบปี คือ วันที่ 15 เมษายน 14 มิถุนายน 1 กันยายน และ 25 ธันวาคม สมการเวลาจะมีค่าต่างกันไม่เกิน 16 นาที)

ตอนค่ำหลังเลิกงาน บาร์นาร์ดต้องเดินกลับบ้านเป็นระยะทางไกล เขาเอาดาวไม่ประจำที่ดวงสว่างสีเหลืองดวงหนึ่งเป็นเพื่อนร่วมทาง ไม่มีใครบอกเขาว่าดาวดวงนั้นชื่อดาวเสาร์

บาร์นาร์ดทำงานอยู่ในร้านถ่ายรูปอยู่นานถึง 17 ปี มีความรู้ทางทัศนศาสตร์ที่ใช้งานได้ ระหว่างนั้นเขาสร้างกล้องโทรทรรศน์ขึ้นใช้เอง กระบอกกล้องทำจากกล้องส่องทางไกลจากเรือเก่าๆ ลำหนึ่ง เลนส์ใกล้ตาถอดมาจากซากกล้องจุลทรรศน์ ส่วนขาตั้งก็ใช้ขาตั้งสำรวจ เขาส่องกล้องดูดาวบนฟ้าครั้งละหลายชั่วโมง เป้าหมายที่ชอบเป็นพิเศษคือดาวพฤหัสบดี

อยู่มาวันหนึ่ง เพื่อนที่จนพอๆกันมาขอยืมเงิน 2 เหรียญจากบาร์นาร์ด โดยทิ้งหนังสือเป็นจำนำไว้เล่มหนึ่ง บาร์นาร์ดทราบดีว่าไม่มีทางจะได้เงินคืน และโกรธมาก เพราะเงิน 2 เหรียญนับว่าเป็นจำนวนมากสำหรับเขาในตอนนั้น หลังจากรอเพื่อนอยู่นาน เขาก็ตัดสินใจยึดหนังสือเล่มนั้น พอเขาเปิดหนังสือ จึงพบว่าหนังสือเล่มนั้นเป็นตำราดาราศาสตร์

แผนที่ฟ้าในหนังสือเป็นแผนที่ฟ้าแผ่นแรกที่บาร์นาร์ดเคยเห็น เขารีบเอาแผนที่ไปยืนริมหน้าต่าง ดูแผนที่เทียบกับดาวในท้องฟ้าที่เขาคุ้นเคยเป็นอย่างดี และไม่ถึงชั่วโมงเขาก็ทราบว่าผองเพื่อนเก่าแต่เยาว์วัยของเขาล้วนมีชื่อ เรียก ทั้งดาวเวกา ทั้งกลุ่มดาวหงส์ ทั้งดาวตานกอินทรี นับเป็นก้าวแรกเข้าสู่โลกดาราศาสตร์อย่างเป็นทางการของบาร์นาร์ด บาร์นาร์ดอ่านหนังสือเพิ่มเติมอีกมาก รวมทั้งจ้างครูสอนคณิตศาสตร์มาสอนเขาเป็นพิเศษ จนในที่สุดเขาสำเร็จปริญญาตรีทางคณิตศาสตร์จากมหาวิทยาลัยแวนเดอร์บิลต์ และทำงานเป็นอาจารย์สอนอยู่ที่มหาวิทยาลัยนั้นเอง



กล้องโทรทรรศน์หักเหแสงขนาด 36 นิ้วที่หอดูดาวลิก

จนเมื่อหอดูดาวลิก ใกล้เมืองซานโฮเซ ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย สร้างใกล้จะเสร็จ ใน ค.ศ. 1887 บาร์นาร์ดไปปรากฏตัวที่นั่น แจ้งว่าเขาได้ลาออกจากงานที่มหาวิทยาลัยแล้ว ขายบ้านที่แนชวิลไปแล้วด้วย และขอทำงานที่หอดูดาวลิก ซึ่งมีกล้องโทรทรรศน์หักเหแสงที่ใหญ่ที่สุดในโลกในขณะนั้น (ปัจจุบันใหญ่เป็นที่สอง) โดยไม่จำเป็นต้องมีค่าตอบแทนอะไรเลย ขอเพียงให้ได้สังเกตการณ์ผ่านกล้องโทรทรรศน์เท่านั้น

บาร์นาร์ดเป็นคนตาดีมาก ช่างสังเกต และขยันขันแข็งในงานที่เขารัก ผู้ร่วมงานต่างพากันออกปากว่าไม่เคยเห็นเขาไปนอนเลยสักครั้งเดียว และความรู้วิชาถ่ายภาพของเขาก็เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในยุคที่การถ่ายภาพเริ่มเข้ามามีบทบาทในวงการดาราศาสตร์ใหม่ๆ ต่อมาเมื่อปี ค.ศ. 1895 เขาเกิดขัดแย้งกับผู้บริหารหอดูดาวในหลายเรื่อง จึงย้ายจากหอดูดาวลิกไปรับตำแหน่งศาสตราจารย์ทางดาราศาสตร์ในมหาวิทยาลัย ชิคาโก ประจำอยู่ที่หอดูดาวเยอร์คีส์ที่สร้างขึ้นใหม่ใกล้เมืองชิคาโก แต่อยู่ในมลรัฐวิสคอนซิน ซึ่งมีกล้องโทรทรรศน์หักเหแสงที่ใหญ่ที่สุดในโลก

ผลงานทางดาราศาสตร์ของบาร์นาร์ดมีอยู่มากมาย ตลอดชีวิตเขาเขียนบทความวิชาการออกมาถึงกว่า 900 ฉบับ เขาเป็นผู้ค้นพบดวงจันทร์อะมัลเทีย บริวารดวงที่ห้าของดาวพฤหัสบดี (หลังจากสี่ดวงแรกถูกกาลิเลโอค้นพบ และเป็นดวงสุดท้ายที่ถูกค้นพบด้วยการสังเกตการณ์จากกล้องโทรทรรศน์โดยตรง) และมองเห็นลวดลายบนดวงจันทร์ไอโอของดาวพฤหัสบดีซึ่งต้องรออีกเกือบหนึ่ง ศตวรรษ ยานวอยเอเจอร์จึงสามารถยืนยันสิ่งที่เขามองเห็นได้ งานของเขาครอบคลุมการสังเกตดาวเคราะห์ ดาวหาง เนบิวลา และทฤษฎีที่ถูกต้องเกี่ยวกับโนวา รวมทั้งการค้นพบดาวบาร์นาร์ดเมื่อปี ค.ศ. 1916

งานสำคัญที่สุดชิ้นหนึ่งของบาร์นาร์ดคือการถ่ายภาพมุมกว้างดารา จักรทางช้างเผือกเพื่อการศึกษาโครงสร้างดาราจักรอย่างเป็นระบบ ผลงานภาพถ่ายที่ยิ่งใหญ่ของเขาถูกรวบรวมอยู่ในหนังสือที่จัดพิมพ์ออกมาภาย หลังมรณกรรมของเขา นอกจากนั้นเขายังค้นพบว่าแถบสีดำในอวกาศส่วนหนึ่งคือเมฆแก๊สและฝุ่น ไม่ใช่ช่องว่างในอวกาศอย่างที่เคยเข้าใจกันมาแต่ก่อน และจัดทำบัญชีเมฆดำในอวกาศทำนองเดียวกับบัญชีเมซีเย

บาร์นาร์ดทำงานที่หอดูดาวเยอร์คีส์จนถึงแก่กรรมเมื่อปี ค.ศ. 1923

บทที่ 3
การวัดทางดาราศาสตร์

วิธีการหาระยะทางของโลกและดวงดาว

ระยะทางจากโลกถึงวัตถุต่างๆ ในท้องฟ้าถือเป็นเรื่องสำคัญในวิชาดาราศาสตร์ เพราะถ้าเรารู้ระยะทาง เราจะรู้อะไรเกี่ยวกับวัตถุนั้นอีกหลายอย่าง ได้แก่

1.สภาพส่องสว่าง (luminosity) หมายถึงพลังงานที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ซึ่งช่วยให้เรารู้ต่อไปว่าวัตถุนั้นใช้อะไรเป็นแหล่งพลังงาน และรู้ว่ามันอยู่ในช่วงไหนของวงจรชีวิต

2.ขนาดของวัตถุ ดาราจักรที่เราเห็นอยู่นั้นเป็นดาราจักรเล็กๆ ที่อยู่ใกล้ หรือเป็นดาราจักรขนาดมหึมาที่อยู่ไกล ดาวริบหรี่ที่เราสังเกตอาจเป็นดาวริบหรี่มากหากมันอยู่ใกล้ แต่ถ้ามันอยู่ไกลย่อมหมายถึงความสว่างเจิดจ้าหลายร้อยเท่าของดวงอาทิตย์

3.มวลของวัตถุ ซึ่งเป็นไปได้เพราะเรารู้ขนาด ดังนั้นถ้าไม่รู้ระยะทาง ก็หามวลไม่ได้ ยกเว้นในกรณีดาวคู่อุปราคา (eclipsing binary) ซึ่งในกรณีนี้เราสามารถคำนวณมวลของวัตถุเหล่านั้นได้โดยไม่ต้องรู้ระยะทาง เลย

4.การกระจายตัวของวัตถุในอวกาศ เพื่อให้รู้ว่ากระจุกดาวที่เราสังเกต เป็นกระจุกดาวสว่างอยู่ไกลที่ดาวแต่ละดวงอยู่ห่างกันมาก หรือเป็นกระจุกดาวแสงริบหรี่อยู่ใกล้ที่ดาวรวมตัวกันหนาแน่นกันแน่

นักดาราศาสตร์ไม่มีไม้บรรทัดสำหรับวัดระยะทางในอวกาศ แต่นักดาราศาสตร์ก็สามารถวัดระยะวัตถุท้องฟ้าตั้งแต่ที่อยู่ใกล้ไปจนถึงอีก ฟากของเอกภพด้วยวิธีต่างๆ โดยใช้ระยะของวัตถุใกล้เป็นฐานอ้างอิงให้แก่การวัดระยะวัตถุที่ห่างออกไปตาม ลำดับ เป็นขั้นๆ ไป เปรียบเสมือนบันไดสู่ดวงดาวแสนไกล

ของใกล้ใช้เลเซอร์กับเรดาร์

สำหรับเทห์ฟ้าที่ใกล้โลกที่สุด นักดาราศาสตร์วัดระยะได้อย่างละเอียดมาก เนื่องจากมีการวางชุดกระจกสะท้อนแสงเลเซอร์ (Laser Ranging Retroflector) อยู่บนดวงจันทร์ถึง 5 ชุด ซึ่งยานอะพอลโล 11, 14 และ 15 รวมถึงยานลูโนคอด 1 และ 2 ของสหภาพโซเวียต นำไปวางไว้บนดวงจันทร์ในช่วงค.ศ. 1969-1973 และจากโลก สถานีเลเซอร์วัดพิสัย (Laser Ranging Station) แห่งหอดูดาวแมคโดนัลด์ในรัฐเท็กซัสก็ยิงแสงเลเซอร์ผ่านกล้องโทรทรรศน์ไปยัง กระจกเหล่านั้น ด้วยสมบัติของชุดกระจก แสงเลเซอร์จะถูกสะท้อนกลับมายังกล้องโทรทรรศน์ เวลาตั้งแต่ยิงแสงออกไปจนถึงเวลาที่ได้รับแสงกลับมาจะถูกนำไปคำนวณเป็นระยะ ทางจากโลกถึงดวงจันทร์ เนื่องจากเรารู้อัตราเร็วแสงที่แน่นอน ระยะทางที่วัดได้ด้วยวิธีนี้จึงมีความแม่นยำสูง ทำให้เราวัดระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์ได้ผิดพลาดไม่เกิน 3 ซม. โดยระยะทางเฉลี่ยคือ 384,403 กม.

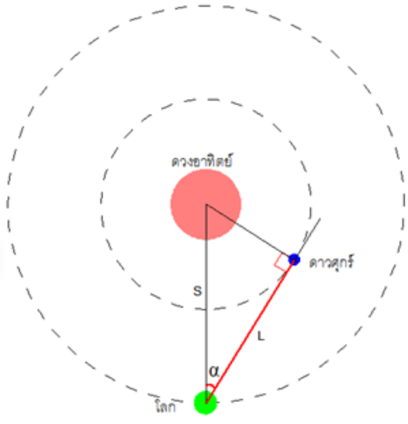


สถานีเลเซอร์วัดพิสัย หอดูดาวแมคโดนัลด์ (McDonald Laser Ranging Station) ของมหาวิทยาลัยเท็กซัสยิงแสงเลเซอร์ไปยังดวงจันทร์เพื่อวัดระยะทางจากโลกถึงดวงจันทร์

สำหรับดาวเคราะห์ดวงอื่นในระบบสุริยะ นักดาราศาสตร์ใช้วิธีส่งสัญญาณเรดาร์ไปยังดาวเคราะห์เหล่านั้นให้สะท้อน สัญญาณกลับมา เรดาร์เป็นคลื่นไมโครเวฟซึ่งเดินทางในอวกาศด้วยความเร็วเท่าแสง การวัดระยะจึงใช้หลักการเดียวกับการวัดระยะจากโลกถึงดวงจันทร์

ส่วนระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์นั้นวัดโดยตรงด้วยเรดาร์ไม่ได้ เพราะดวงอาทิตย์ไม่มีพื้นผิวแข็งที่สะท้อนเรดาร์ได้ดี นักดาราศาสตร์จึงใช้วิธีโบราณหลายพันปี ชาวบาบิลอนและชาวอียิปต์ใช้วิธีนี้ในการสำรวจพื้นที่ ยูคลิดแต่งตำราไว้เมื่อ 300 ก่อนคริสต์กาล และวิธีนี้ยังใช้กันแพร่หลายแม้ในยุคปัจจุบัน เช่นในระบบดาวเทียมจีพีเอสซึ่งหาตำแหน่งบนโลกในฐานะจุดบนสามเหลี่ยมเมื่อ ประกอบกับหมู่ดาวเทียมที่ลอยอยู่บนฟ้า วิธีโบราณที่ว่านี้คือตรีโกณมิติ

นักดาราศาสตร์ใช้ตรีโกณมิติคำนวณระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์โดย อาศัยดาวศุกร์ เนื่องจากเราสามารถใช้เรดาร์วัดระยะทางจากโลกถึงดาวศุกร์ได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นเมื่อโลก ดาวศุกร์ และดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม การคำนวณระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์จึงไม่ใช่เรื่องยาก

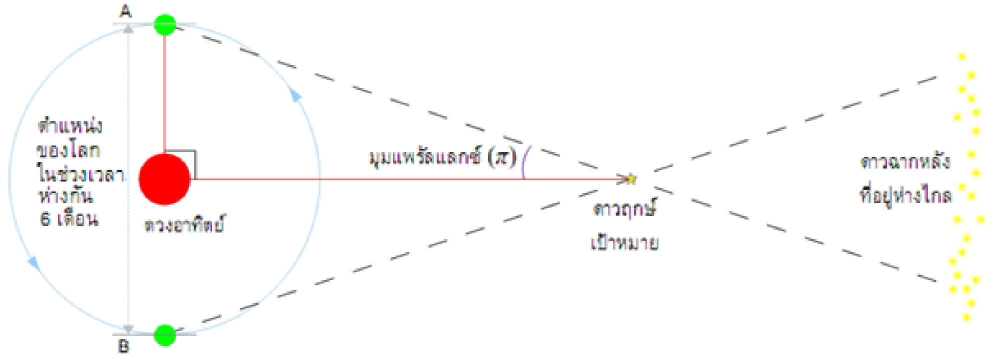


เมื่อดาวศุกร์อยู่ในมุมห่างสุดตะวันตกหรือมุมห่างสุดตะวันออก (greatest western/eastern elongation) ค่า S จะเป็น $S = L / \cos \alpha$ โดย L สามารถหาได้ด้วยการยิงเรดาร์ไปยังดาวศุกร์

ระยะทางเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์ 149,597,870 กิโลเมตรนี้ นักดาราศาสตร์กำหนดให้เป็น 1 หน่วยดาราศาสตร์ (Astronomical Unit) มาตรานี้มีความสำคัญมาก เพราะการวัดระยะวัตถุต่างๆ ในระบบสุริยะนั้นวัดหน่วยเป็นหน่วยดาราศาสตร์ทั้งสิ้น รวมทั้งการวัดระยะวัตถุที่อยู่นอกระบบสุริยะส่วนหนึ่งด้วย

ที่ไกลกว่าใช้แพรัลแลกซ์

หากวัตถุที่ต้องการหาระยะนั้นอยู่ไกลเกินพิสัยเรดาร์ หรือไม่สามารถสะท้อนสัญญาณ นักดาราศาสตร์จะเลือก ใช้วิธี**แพรัลแลกซ์ตรีโกณมิติ** (trigonometric parallax) แพรัลแลกซ์คือการเปลี่ยนตำแหน่งปรากฏของวัตถุเทียบกับฉากหลังเมื่อจุดสังเกต เปลี่ยนไป ตัวอย่างเช่นเมื่อเรายกนิ้วขึ้นมาอยู่ระดับสายตา หลับตาซ้ายแล้วมองนิ้วด้วยตาขวา จากนั้นหลับตาขวามองนิ้วด้วยตาซ้าย จะเห็นว่านิ้วของเราเปลี่ยนตำแหน่งไปเมื่อเทียบกับฉากหลัง นิ้วยังอยู่ที่เดิม แต่จุดสังเกตเปลี่ยนจากตาขวาเป็นตาซ้าย



เนื่องจากแนวสายตาที่เปลี่ยนไป ตำแหน่งของดาวฤกษ์เป้าหมายเมื่อมองจากโลก ณ ตำแหน่ง A และ B จึงอยู่คนละที่กันเมื่อเทียบกับดาวในฉากหลังที่อยู่ห่างไกล มุมแพรัลแลกซ์ (π) หรือแพรัลแลกซ์รายปี (annual parallax) หมายถึงครึ่งหนึ่งของระยะเชิงมุมที่ดาวฤกษ์เป้าหมายย้ายตำแหน่งไปในช่วง 6 เดือน หากวัดมุมแพรัลแลกซ์ได้ 1 พิลิปดา ดาวฤกษ์เป้าหมายจะอยู่ไกล 1 พาร์เซก เท่ากับ 3.0857×10^{13} กิโลเมตร หรือ 3.2616 ปีแสง

วิธีแพรัลแลกซ์ตรีโกณมิติวัดระยะวัตถุที่อยู่ห่างไกล โดยผู้สังเกตบนเส้นหลักล่าง (baseline) ไม่ต้องเดินทางไปยังวัตถุนั้นเลย แต่ใช้วิธีวัดระยะเชิงมุมที่วัตถุเลื่อนไปเทียบกับฉากหลัง หรือมุมแพรัลแลกซ์ เมื่อผู้สังเกตย้ายจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของเส้นหลักล่าง ถ้าเส้นหลักล่างสั้น มุมแพรัลแลกซ์จะแคบ (วัตถุดูเหมือนเลื่อนไปนิดเดียว) ทำให้การคำนวณแม่นยำน้อยลง ในทางกลับกัน ยิ่งเส้นหลักล่างยาวมากขึ้นเท่าไร การวัดระยะจะยิ่งมีความแม่นยำมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ดาวฤกษ์ทั้งหลายล้วนอยู่ห่างไกลมากจนเส้นหลักล่างระหว่างจุดใดๆ ในโลกก็ไม่ช่วยให้การวัดระยะเกิดความแม่นยำขึ้นมาได้ เพราะยาวไม่พอ สำหรับดาวฤกษ์ นักดาราศาสตร์สร้างเส้นหลักล่างบนวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ บนตำแหน่งที่ห่างกัน 6 เดือน ฟรีดริช เบสเซล นักดาราศาสตร์ชาวเยอรมัน เป็นคนแรกที่วัดระยะดาวฤกษ์ได้เป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1838 โดยวัดระยะดาว 61 หงส์ (ในกลุ่มดาวหงส์) ได้ว่าอยู่ไกลจากโลกประมาณ 10.3 ปีแสง ซึ่งใกล้เคียงกับระยะ 11.2 ปีแสงที่วัดได้ในปัจจุบันมาก

การใช้สองตำแหน่งของโลกที่ห่างกัน 6 เดือนในวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ เท่ากับการกำหนดให้เส้นหลักล่างยาว 2 หน่วยดาราศาสตร์ และดังรูปประกอบ (บน) เส้นตรงข้ามมุมแพรัลแลกซ์ ซึ่งก็คือเส้นระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ จะเท่ากับ 1 หน่วยดาราศาสตร์พอดี เพราะนิยามของหน่วยดาราศาสตร์คือระยะทางเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์

หากมุมแพรัลแลกซ์ของวัตถุใดมีค่าเท่ากับ 1 พิลิปดา หรือ 1/3600 องศา วัตถุนั้นจะห่างจากดวงอาทิตย์ 1 พาร์เซก โดยค่าพาร์เซกสามารถคำนวณได้จาก

$$d = \frac{1}{p}$$

เมื่อ

d เท่ากับ ระยะทาง มีหน่วยเป็นพาร์เซก

p เท่ากับมุมแพรัลแลกซ์ มีหน่วยเป็นพิลิปดา

พาร์เซก (parsec ย่อมาจาก **par**allax of one **sec**ond) เป็นหน่วยวัดระยะพื้นฐานในวิชาดาราศาสตร์ เนื่องจากเป็นระยะทางที่คำนวณได้โดยสะดวก และยาวพอสำหรับใช้วัดระยะวัตถุนอกระบบสุริยะให้จำได้ง่าย 1 พาร์เซก มีค่าเท่ากับ 3.2616 ปีแสง ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้กันทั่วไปเวลามีข่าวดาราศาสตร์ออกไปตามสื่อต่างๆ และเท่ากับ 206,265 หน่วยดาราศาสตร์ ดาวที่อยู่ค่อนข้างใกล้โลกอย่างดาวซิริอัส อยู่ห่างออกไป 2.6 พาร์เซก หรือ 8.6 ปีแสง ถ้าคิดเป็นหน่วยดาราศาสตร์จะได้ตัวเลขใหญ่มากคือประมาณ 536,290 หน่วยดาราศาสตร์ ดังนั้นนักดาราศาสตร์จึงนิยมใช้หน่วยพาร์เซกกันอย่างแพร่หลาย

การเลือกดาวในฉากหลังที่ใช้เทียบตำแหน่งดาวเป้าหมายก็เป็นเรื่อง สำคัญ ดาวที่ไกลไม่พออาจมีการเคลื่อนที่ในรอบปีเนื่องจากแพรัลแลกซ์ได้เช่นกัน ดังนั้นนักดาราศาสตร์จึงมักเลือกดาราจักรหรือเควซาร์ที่อยู่ห่างไกลมากเป็น พิเศษเป็นฉากหลัง

ดาวทุกดวงที่เราเห็นในท้องฟ้า ยกเว้นดวงอาทิตย์ ล้วนอยู่ไกลจนไม่มีมุมแพรัลแลกซ์ของดาวดวงใดมีค่าถึง 1 พิลิปดาเลย แม้แต่ดาวที่อยู่ใกล้โลกที่สุด ได้แก่ดาวพรอกซิมา คนครึ่งม้า (Proxima Centauri) ในระบบดาวแอลฟาคนครึ่งม้า ก็ยังมีมุมแพรัลแลกซ์เพียง 0.77233 พิลิปดาเท่านั้น แปลว่าดาวดวงนี้อยู่ห่างจากโลก 1.295 พาร์เซก ดาวดวงอื่นซึ่งอยู่ไกลออกไป จะยิ่งมีมุมแพรัลแลกซ์ที่แคบลงไปกว่านั้นอีก

ข้อจำกัดของการหาระยะด้วยวิธีแพรัลแลกซ์จากโลกเกิดขึ้นเมื่อมุมแพ รัลแลกซ์มีค่าแคบกว่า 1/100 พิลิปดา มุมที่แคบขนาดนี้ ประกอบกับบรรยากาศของโลก ทำให้ความแม่นยำในการวัดมุมลดลงจนใช้ไม่ได้ แปลว่าเราใช้แพรัลแลกซ์ที่สังเกตจากโลกวัดระยะดาวได้ไม่เกิน 100 พาร์เซก ในปริมาตรทรงกลมรัศมี 100 พาร์เซกนี้มีดาวฤกษ์อยู่ไม่เกิน 1,000 ดวง นับเป็นบริเวณรอบบ้านของระบบสุริยะเท่านั้น

ดาวเทียมฮิปปาร์คอส (Hipparcos ย่อมาจาก High Precision Parallax Collecting Satellite) ขององค์การอวกาศยุโรป ซึ่งถูกส่งขึ้นไปวัดมุมแพรัลแลกซ์จากวงโคจรรอบโลก สามารถวัดมุมได้ละเอียดขึ้นเป็น 1/1000 พิลิปดา เท่ากับ 1,000 พาร์เซก หรือ 1 กิโลพาร์เซก ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้กันแพร่หลายในการวัดระยะในดาราจักร เช่น โลกไปถึงใจกลางทางช้างเผือกอยู่ไกลกันประมาณ 8 กิโลพาร์เซก หรือขนาดของทางช้างเผือกคือประมาณ 30 กิโลพาร์เซก เป็นต้น ในปริมาตร 1 กิโลพาร์เซกนี้มีดาวอยู่ประมาณ 100,000 ดวงและมีขอบเขตไปถึงบริเวณแขนอีกข้างหนึ่งของดาราจักรทางช้างเผือก

สำหรับดาวที่ไกลกว่า 1,000 พาร์เซก การวัดระยะจากโลกด้วยวิธีแพรัลแลกซ์ขณะนี้ยังทำไม่ได้ ต้องรอกันไปจนปี ค.ศ. 2011 เมื่อองค์การอวกาศยุโรปกำหนดจะส่งดาวเทียมกาเอีย (Gaia) ขึ้นสู่วงโคจร ดาวเทียมกาเอียจะสามารถวัดระยะดาวด้วยวิธีแพรัลแลกซ์ได้ไกลถึงประมาณ 8,000 พาร์เซก ปริมาตรนี้ขยายพิสัยไปถึงใจกลางทางช้างเผือก ทำให้มีดาวที่เราสามารถวัดระยะได้โดยตรงอีกจำนวนมหาศาล

ไกลเกินแพรัลแลกซ์

ต่อให้วิธีวัดระยะด้วยแพรัลแลกซ์ดีอย่างไร เราก็ใช้วิธีนี้ได้กับส่วนนิดเดียวของสิ่งที่เราเห็น ทางช้างเผือกส่วนที่เหลือ ยังไม่นับดาราจักรอื่นไม่ว่าใกล้หรือไกล ล้วนอยู่ไกลเกินไปจนวิธีแพรัลแลกซ์ไม่มีทางแม่นยำไปได้ นักดาราศาสตร์

จำเป็นต้องหาทางวัดระยะดวงดาวด้วยวิธีอ้อม คืออาศัยความสว่างปรากฏเทียบกับสภาพส่องสว่าง ทั้งนี้เพราะความสว่างปรากฏมีค่า

$$b = \frac{L}{4\pi d^2}$$

b = ความสว่างปรากฏของวัตถุ
L = สภาพส่องสว่างเฉพาะในช่วงแสงปกติของวัตถุ
d = ระยะทางจากจุดสังเกตถึงวัตถุ

ดังนั้น

$$d_l = \sqrt{\frac{L}{4\pi b}}$$

โดย d_l หมายถึง ระยะทางที่หาได้ด้วยอัตราส่วนระหว่างสภาพส่องสว่างกับความสว่างปรากฏ

ค่า *b* เป็นค่าที่นักดาราศาสตร์มีเครื่องมือวัดได้อย่างแม่นยำอยู่แล้ว ดังนั้นหากเรามีวิธีทราบ *L* คือสภาพส่องสว่างที่แท้จริงของวัตถุเป้าหมายโดยไม่ขึ้นกับระยะทาง เราก็จะสามารถรู้ระยะทางจากโลกไปยังวัตถุเป้าหมายได้ทันที

ถ้าดาวทุกดวงมีป้ายบอกค่าสภาพส่องสว่างติดอยู่เหมือนกับค่าวัตต์ ที่พิมพ์ไว้บนหลอดไฟ เราคงไม่ต้องคิดมาก เอาค่าวัตต์มาหารด้วยความสว่างปรากฏคำนวณระยะทางได้ง่ายๆ แต่ดาวทั้งหลายไม่ได้ถูกผลิตจากโรงงาน การบอกค่าสภาพส่องสว่างจึงทำได้ยาก สิ่งที่นักดาราศาสตร์ทำได้คือ

1. หาวัตถุที่อยู่ใกล้พอจะหาระยะทางด้วยวิธีแพรัลแลกซ์ วัดความสว่างปรากฏ และคำนวณความสว่างสัมบูรณ์ (intrinsic brightness เท่ากับสภาพส่องสว่างเฉพาะในช่วงแสงปกติ) ของวัตถุนั้น
2. สังเกตวัตถุไกลที่มีสมบัติเดียวกับวัตถุใกล้ซึ่งคำนวณความสว่างสัมบูรณ์ไว้ แล้ว ทำให้ประมาณความสว่างสัมบูรณ์ของวัตถุไกล แล้วจึงคำนวณระยะทางได้

ถ้านักดาราศาสตร์สามารถหาดาวในข้อ 1 ชนิดที่ไม่ต้องวัดระยะ ก็รู้ความสว่างสัมบูรณ์ การหาระยะย่อมสะดวกสบายขึ้นมาก นักดาราศาสตร์อาจใช้วิธีดูสเปกตรัมของวัตถุเป้าหมายบางชนิด โดยเฉพาะกระจุกดาว แล้วประมาณค่าความสว่างสัมบูรณ์ได้ และมีดาวบางชนิดที่นักดาราศาสตร์สังเกตสมบัติทางกายภาพแล้วหาความสว่าง สัมบูรณ์ได้โดยง่าย

ไม่ใช่แพรัลแลกซ์ แต่เรียกว่าแพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัม

การหาระยะด้วยวิธีดูสเปกตรัมของวัตถุเป้าหมาย คือการใช้ แพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัม (spectroscopic parallax) ซึ่งถึงจะมีคำว่าแพรัลแลกซ์ วิธีนี้ก็ไม่เกี่ยวอะไรกับแพรัลแลกซ์เลย กลายเป็นเรื่องของการเปรียบเทียบสเปกตรัมเท่านั้น

แพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัมคือการเปรียบเทียบชนิดสเปกตรัมและขนาดของ ดาวเป้าหมาย เข้ากับดาวชนิดเดียวกันในแผนภูมิเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ (Hertzsprung-Russell diagram หรือ H-R diagram) เมื่อเทียบกันได้แล้ว ในเมื่อนักดาราศาสตร์รู้ว่าดาวในแผนภูมิมีความสว่างสัมบูรณ์เท่าไร ดาวเป้าหมายก็ควรมีความสว่างสัมบูรณ์เท่านั้น ดังนั้นจึงหาระยะของดาวเป้าหมายได้

การใช้แพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัมอาศัยหลักการที่ว่า ดาวฤกษ์ดวงไหนๆ ในเอกภพ จะต้องมีชนิดสเปกตรัมที่เป็นไปตามกฎเกณฑ์เดียวกัน มีสมบัติทางฟิสิกส์เหมือนกัน เช่นสเปกตรัมอย่างนี้จะแปลว่าดาวดวงนี้มีอุณหภูมิในช่วงนี้ และเส้นสเปกตรัมคมชัดหมายถึงดาวแคระ เส้นสเปกตรัมเบลอหมายถึงดาวยักษ์ เป็นต้น

ก่อนอื่นนักดาราศาสตร์จะต้องเตรียมทำแผนภูมิเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ สำหรับดาวจำนวนหนึ่งซึ่งอยู่ใกล้พอจะหาระยะได้ด้วยวิธีแพรัลแลกซ์ ทำให้รู้ความสว่างสัมบูรณ์ได้ แล้วกำหนดจุดดาวเหล่านั้นลงในแผนภูมิเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ ที่แกน x เป็นความสว่างสัมบูรณ์ และแกน y เป็นชนิดสเปกตรัม เมื่อนำดาวเป้าหมายที่อยู่ห่างไกลซึ่งรู้ชนิดสเปกตรัมและขนาดมาเทียบ จึงกำหนดความสว่างสัมบูรณ์ได้ และเมื่อเทียบกับความสว่างปรากฏที่วัดค่าไว้แล้ว ก็จะหาระยะทางได้โดยการคำนวณจากสูตรสำหรับความสว่างที่วัดเป็นโชติมาตร

$$d = 10^{(m - M + 5)/5}$$

d หมายถึง ระยะทาง มีหน่วยเป็น พาร์เซก

m หมายถึง โชติมาตรปรากฏ

M หมายถึง โชติมาตรสัมบูรณ์

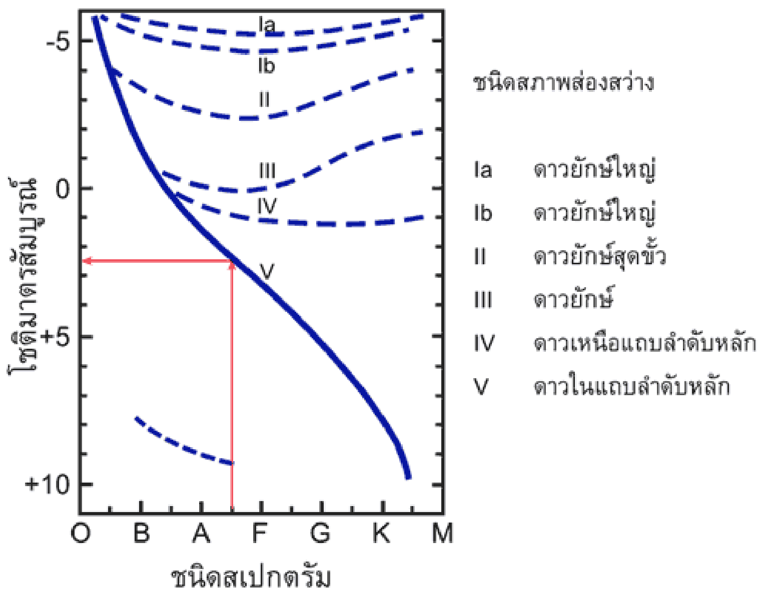
แพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัมใช้ได้ดีสำหรับดาวที่อยู่ไกลไม่เกิน 2 แสนพาร์เซก เมื่อไกลขนาดนั้น แสงที่กล้องโทรทรรศน์รับได้จะสลัวลงจนจำแนกชนิดสเปกตรัมไม่ออก ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของแพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัมคือการแบ่งชนิดสภาพส่องสว่าง ว่าดาวดวงไหนเป็นดาวยักษ์ ดาวยักษ์ใหญ่ ฯลฯ ความจริงทำได้ไม่ชัดเจนนัก ดาวสองดวงที่นึกว่าเหมือนกันอาจมีวิวัฒนาการและสภาพโลหะ (metalicity - สัดส่วนโดยมวลของปริมาณธาตุที่หนักกว่าฮีเลียมในดาวฤกษ์หรือกระจุกดาว) ที่ต่างกันมาก ตำแหน่งบนแผนภูมิซึ่งควรต่างกัน บางทีกลับถูกวางไว้ด้วยกัน ยิ่งดาวที่อยู่ไกลจนมองสเปกตรัมได้ไม่ชัด ยิ่งเลือกลงจุดบนแผนภูมิได้ยาก

วัตถุที่วิธีนี้ใช้ได้ผลดีคือกระจุกดาว เพราะดาวทุกดวงในกระจุกดาวถือได้ว่ามีระยะห่างจากโลกประมาณเท่ากัน ทำนองเดียวกับที่หอไอเฟลกับพิพิธภัณฑ์ลูฟร์ในกรุงปารีสอยู่ไกลจากสนามหลวง ด้วยระยะทางพอๆ กัน นอกจากนั้น ดาวทุกดวงในกระจุกดาวยังมีอายุและสภาพโลหะใกล้เคียงกัน นักดาราศาสตร์จึงสามารถเปรียบเทียบดาวแต่ละดวงในกระจุกดาวกับแผนภูมิเฮิร์ตซ ปรุง-รัสเซลล์แล้วหาระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกกับประชากรดาวเหล่านั้น ทำให้ได้ระยะทางที่แม่นยำกว่าการกำหนดระยะห่างของดาวดวงเดียว หากในระยะเดียวกับดาวเป้าหมายมีกระจุกดาว นักดาราศาสตร์อาจเลือกหาระยะห่างของกระจุกดาวด้วยวิธีแพรัลแลกซ์เชิง สเปกตรัมเสียก่อน แล้วกำหนดว่าดาวเป้าหมายนั้นห่างจากโลกเท่าไรในภายหลัง

การนำแพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัมไปหาระยะทางกับกระจุกดาว นอกจากจะใช้อ้างอิงหาระยะของเป้าหมายที่เป็นดาวแล้ว นักดาราศาสตร์ยังใช้กับดาราจักรอีกด้วย คือสังเกตกระจุกดาวในดาราจักรเป้าหมาย หาระยะห่างด้วยวิธีแพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัม เท่ากับได้ระยะห่างของดาราจักรนั้นโดยปริยาย

การหาระยะทางด้วยแพรัลแลกซ์เชิงสเปกตรัม

สเปกตรัมของดาวโชติมาตร 8 ดวงหนึ่ง ดูจากเส้นสเปกตรัมแล้วกำหนดได้ว่ามีชนิดสภาพส่องสว่าง V เป็นดาวในแถบลำดับหลัก ชนิดสเปกตรัม A5



เมื่อเทียบกับแผนภูมิเฮิร์ตซปรุง-รัสเซลล์ เห็นได้ว่าดาวดวงนี้มีโชติมาตรสัมบูรณ์ +2.5 ดังนั้น ดาวดวงนี้จึงมีระยะห่างจากโลกตามสูตร

$$d = 10^{(8 - 2.5 + 5)/5} = 126 \text{ พาร์เซก}$$

บทที่ 4
กล้องดูดาว

เครื่องมือพื้นฐานทางดาราศาสตร์

ความนำ ก่อนศตวรรษที่ 17 การสังเกตทางดาราศาสตร์อาศัยตาเปล่า และเครื่องกลช่วยในการวัดมุม ต่อมาในประเทศฮอลแลนด์ได้มีผู้ประดิษฐ์กล้องส่องทางไกลขึ้น จากนั้นในปี ค.ศ.1609 กาลิเลโอ กาลิเลอี ได้สร้างกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ดูดาวขึ้นเป็นครั้งแรก นับเป็นการเปลี่ยนแปลงวงการดาราศาสตร์ที่สาคัญยิ่ง จนมาถึงปลายศตวรรษที่ 19 ภาพวัตถุท้องฟ้าจากกล้องโทรทรรศน์จึงถูกบันทึกได้บนกระจกอาบน้ายาถ่ายภาพ และเพียงไม่กี่สิบปีมานี้เองที่เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาแทนที่ฟิล์ม ปัจจุบันด้วยกล้องถ่ายภาพระบบดิจิตัลที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาดช่วยให้การถ่ายภาพจากกล้องโทรทรรศน์สะดวกมากขึ้น ทุกวันนี้นักดาราศาสตร์ได้ขยายขอบเขตของการสังเกตไปสู่ความยาวคลื่นอื่น ๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านับตั้งแต่ความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดย่านรังสีแกมมาถึงช่วงที่ยาวที่สุดของคลื่นวิทยุ

หลักการกล้องโทรทรรศน์ ทั้งชนิดหักเห และสะท้อนแสง

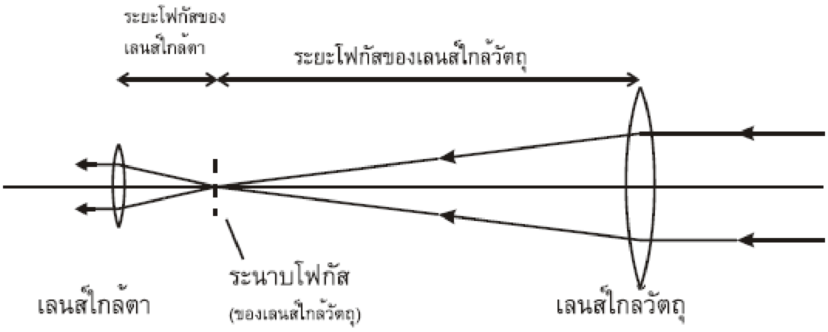
หน้าที่ของกล้องโทรทรรศน์ สาหรับผู้สังเกตบนโลกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านแสงที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าสะดวกที่จะศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้อุปกรณ์ทัศนศาสตร์ โดยทาหน้าที่ที่สาคัญ 3 อย่าง คือ

ก. สะสมแสงจากวัตถุท้องฟ้า เพื่อให้ศึกษาแหล่งกาเนิดคลื่นที่มีแสงน้อยได้

ข. ทาหน้าที่เพิ่มขนาดปรากฏเชิงมุมของวัตถุ และเพิ่มกาลังแยกภาพ

ค. ใช้วัดตาแหน่งของวัตถุท้องฟ้า พื้นที่ผิวของกล้องโทรทรรศน์ที่ใช้ในการรวบรวมแสงมีทั้งที่เป็นเลนส์และกระจก

ทำให้แบ่งชนิดของกล้องโทรทรรศน์ได้เป็นสองชนิดคือ กล้องหักเหแสง (refractors) และ กล้องสะท้อนแสง (reflectors) กล้องโทรทรรศน์ทั้งสองชนิดนี้มีหลักการของทางเดินแสงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 1 คือ มีเลนส์ใกล้วัตถุทาหน้าที่รับแสงดาวแล้วรวมแสงนั้นให้เกิดภาพที่ระนาบโฟกัส เลนส์นี้จะเป็นเลนส์นูน ในกล้องหักเหแสง แต่จะเป็นกระจกเว้าในกล้องสะท้อนแสง ภาพที่เกิดขึ้นสามารถขยายให้เห็นรายละเอียดได้ด้วยเลนส์ใกล้ตา โดยที่ระยะระหว่างเลนส์ใกล้ตาและระนาบโฟกัสสามารถปรับได้เพื่อให้ได้ภาพชัดเจน

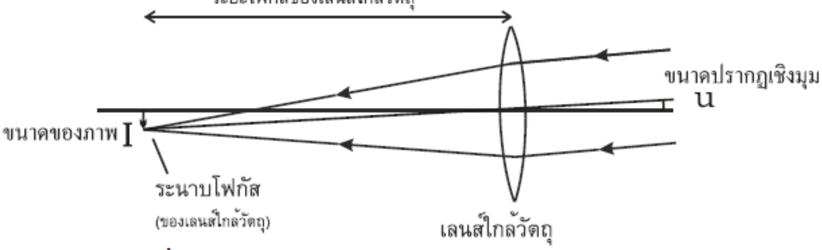


1 แสดงทางเดินแสงผ่านระบบทัศนูปกรณ์ของกล้องโทรทรรศน์

สมบัติของกล้องโทรทรรศน์ที่ควรรู้

(1) ค่า f / n โดยที่ n คืออัตราส่วนระหว่างความยาวโฟกัสของกล้อง ต่อขนาดของเส้น ผ่านศูนย์กลางของกล้องนั้น อัตราส่วนนี้บ่งถึงความไวในการสะสมแสงของกล้องโทรทรรศน์ ถ้า ค่าอัตราส่วนมีค่าน้อย เช่น f / 1...f / 3 จะเรียกว่าเป็นกล้องที่มีความไวแสงสูง แต่โดยทั่วไปกล้อง มักจะมีความไวแสงต่ากว่านี้เช่น f / 8...f / 15 เป็นต้น

(2) ขนาดของภาพ (I) ที่เกิดตรงระนาบโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ จะมีค่าเท่ากับ ftanu โดยที่ f คือความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ u คือขนาดปรากฏเชิงมุมของวัตถุท้องฟ้า ขนาด ของภาพที่ปรากฏตรงระนาบโฟกัสนี้สามารถบันทึกได้ด้วยกล้องถ่ายภาพ และถ้านาเลนส์ใกล้ตามา ขยายก็จะเห็นภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น เช่นขณะที่ใช้ส่องดูดาวดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ แต่สาหรับ กรณีดาวฤกษ์ ขนาดปรากฏเชิงมุมของดาวฤกษ์มีขนาดเล็กเกินไปที่จะขยายให้เห็นใหญ่ขึ้นมาได้ (หมายเหตุ: ขนาดปรากฏเชิงมุม ไม่ใช่ขนาดจริงของวัตถุที่เห็น แต่เป็นเพียงขนาดที่ปรากฏต่อ สายตา หรือภาพถ่าย วัดออกมาในหน่วยค่าของมุม เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงจันทร์มีค่าประมาณครึ่งองศา หรือ 30 ลิปดา ตัวอย่างเช่นทดลองวัดโดยการยืดแขนไปจนสุด แล้วใช้นิ้วชี้ ยกขึ้นบังดวงจันทร์ จะพบว่าขนาดความกว้างของนิ้วชี้สามารถบังดวงจันทร์ได้ถึงสองดวง เนื่องจากขนาดความกว้างของนิ้วชี้เมื่อมองห่างที่ระยะหนึ่งช่วงแขนของแต่ละคนจะทามุมได้ถึง หนึ่งองศาโดยเฉลี่ย)



ภาพที่ 3 แสดงทางเดินแสงและขนาดปรากฏเชิงมุมของวัตถุท้องฟ้า

(3) กำลังขยายของภาพเมื่อส่องผ่านกล้องโทรทรรศน์ มีค่าเท่ากับ ความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ หารด้วย ความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา ดังนั้นจะเห็นว่าสามารถเปลี่ยนกาลังขยายได้ถ้าเปลี่ยนความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตา แต่ในทางปฏิบัติ กาลังขยายที่จะให้รายละเอียดของภาพได้เต็มที่คือมีค่าประมาณเท่ากับค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางหน้ากล้องในหน่วยมิลลิเมตร เช่นกล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร กาลังขยายสูงสุดที่ดีคือ 60 เท่า ถ้ามากกว่านี้ก็ใช้ได้แต่จะไม่ช่วยให้เห็นรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น และผลของบรรยากาศก็จะทาให้คุณภาพของภาพที่เห็นด้อยลงได้ 3

ความคลาดของอุปกรณ์ทัศนศาสตร์ ที่สำคัญ

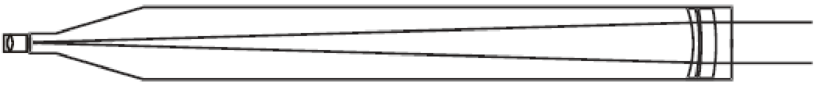
(1) ความคลาดทรงกลม (spherical aberration) ในกรณีเลนส์ใกล้วัตถุมีผิวโค้งเป็นทรงกลม จะทาให้แสงที่มาตกกระทบบริเวณขอบกล้องจะมีจุดโฟกัสต่างไปจากจุดโฟกัสของแสงที่ตกบริเวณกลางกล้อง ทาให้ภาพที่เห็นไม่คมชัด วิธีแก้ไขคือเพิ่มความยาวโฟกัสเมื่อเทียบกับขนาดหน้ากล้อง หรือทาให้ค่า f /n มากขึ้น

(2) ความคลาดรงค์ (chromatic aberration) จะเกิดขึ้นกับกล้องระบบหักเหแสง เนื่องจากแสงสีขาวประกอบด้วยคลื่นแสงสีต่าง ๆ การหักเหของคลื่นเหล่านี้ผ่านเลนส์จะมีค่าต่างกันทาให้จุดโฟกัสของแต่ละสีเป็นคนละตาแหน่ง ผลลัพธ์ที่ได้จะทาให้ภาพเกิดสีรุ้ง วิธีแก้ไขจะทาได้ยาก แต่อาจปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นโดยการใช้เลนส์ประกอบมากกว่าหนึ่งชิ้นขึ้นไป ทาจากเนื้อแก้วต่างชนิดกันเพื่อให้ตาแหน่งสุดท้ายของลาแสงทุกสีมารวมกันที่จุดเดียว

กล้องโทรทรรศน์ชนิดต่างๆ

กล้องหักเหแสง ใช้เลนส์เป็นที่รวบรวมแสง กล้องขนาดเล็กจะเป็นระบบนี้ แม้จะใช้เลนส์ประกอบ แต่ก็ยังคงมีผลของความคลาดรงค์สูง ส่วนกล้องขนาดใหญ่และคุณภาพดีจะมีราคาแพงมาก

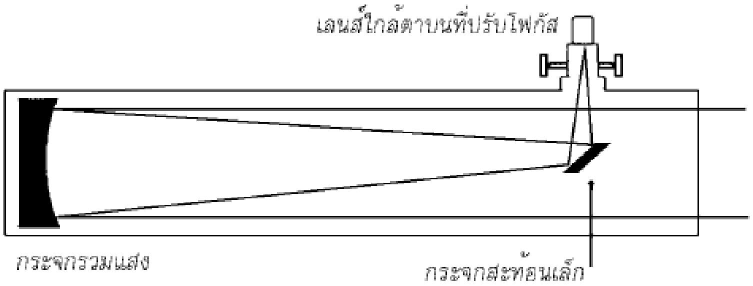




ภาพที่ 3-3 รูปแสดงโครงสร้างภายในกล้องหักเหแสง

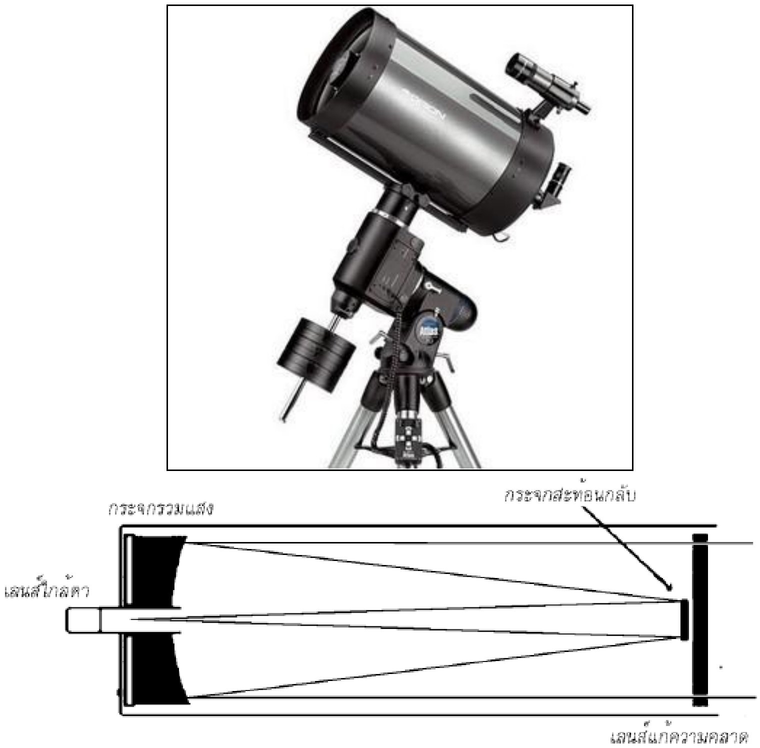
กล้องสะท้อนแสง ใช้กระจกเป็นตัวรวมแสง ก่อนสะท้อนออกสู่เลนส์ใกล้ตาทางด้านข้าง หรือด้านท้ายกล้อง การใช้กระจกทาให้ไม่มีผลของความคลาดรงค์ กล้องขนาดใหญ่สร้างได้ในราคาถูกกว่ากล้องหักเหแสงแต่เนื่องจากมีกระจกเล็กใช้สะท้อนแสงบังหน้ากล้องบางส่วนทาให้ภาพลดความคมชัดได้บ้าง





ภาพที่ 4 รูปแสดงโครงสร้างภายในกล้องสะท้อนแสง

นอกจากนี้ยังมีกล้องสะท้อนแสงที่มีการนาเลนส์แก้ความคลาดเคลื่อนมาใช้ เพื่อการใช้งานที่สะดวกขึ้นและทาให้ได้คุณภาพของภาพที่ดี แม้เรื่องความคมชัดยังคงด้อยกว่ากล้องหักเหแสงที่คุณภาพดีที่สุดอยู่ แต่ก็ได้รับความนิยมสูงด้วยคุณภาพโดยรวมที่ดีและราคาปานกลาง

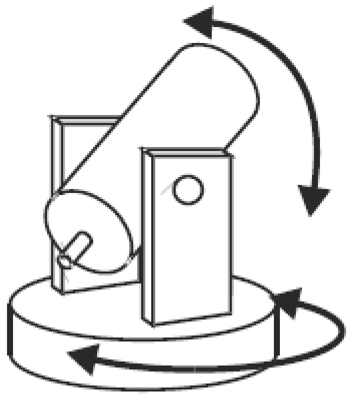


ภาพที่ 5 รูปแสดงโครงสร้างภายในกล้องที่ใช้หลักการหักเหแสงและสะท้อนแสง เข้าด้วยกัน

5 ฐานกล้องโทรทรรศน์

อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์ของกล้องโทรทรรศน์เป็นส่วนสาคัญของกล้องโทรทรรศน์ แต่สิ่งสาคัญอีกส่วนหนึ่งคือฐานตั้งกล้อง เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกทาให้ดาวมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ผู้สังเกตต้องอาศัยฐานตั้งกล้องตามดาวที่สังเกตนั้น ฐานตั้งกล้องแบ่งได้สองชนิดคือ

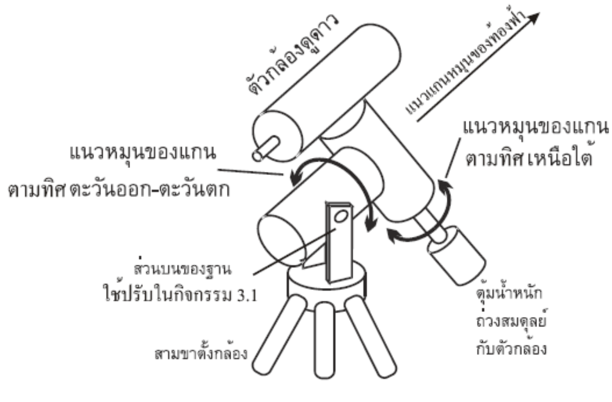
(1) ฐานระบบขอบฟ้า มีแกนหมุนได้ในแนวนอนและแนวตั้งตามระบบพิกัดขอบฟ้า ง่ายต่อการสร้างแต่ระบบควบคุมการเคลื่อนที่จะซับซ้อนถ้าต้องการตามดาวให้พอดีตลอดเวลา เนื่องจากมีการเปลี่ยนตาแหน่งทั้งสองแกน ด้วยอัตราที่ไม่คงที่ กล้องโทรทรรศน์ ภาพที่ 6 แสดงฐานระบบขอบฟ้า และแนวการหมุน



ภาพที่ 6 แสดงฐานระบบขอบฟ้า และแนวการหมุน

(2) ฐานระบบศูนย์สูตร มีแกนหมุนสองแกนตามระบบพิกัดศูนย์สูตร ทาให้หมุนกล้อง เลียนแบบการขึ้นตกของดาวจริงในแนวทิศตะวันออก -ตะวันตก ซึ่งเป็นแกนของค่าไรท์แอสเซน ชัน แกนนี้จะหมุนตามดาวด้วยอัตราเท่ากับการหมุนรอบตัวเองของโลก ส่วนอีกแกนใช้สาหรับชี้ ตาแหน่งดาวที่มีค่าเดคลิเนชัน (ในแนวทิศเหนือ -ใต้)ที่ต้องการเท่านั้น เมื่อชี้ดาวได้แล้วแกนนี้ไม่ จาเป็นต้องหมุนจนกว่าจะเปลี่ยนชี้ที่ดาวดวงใหม่ ทาให้ฐานระบบศูนย์สูตรไม่ยุ่งยากในระบบ ควบคุมการเคลื่อนที่เพราะมีการหมุนตลอดเวลาแกนเดียว แต่ก่อนใช้งานต้อง ตั้งแกนไรท์แอสเซน ชันให้ขนานกับแกนหมุนของท้องฟ้าก่อนเพื่อให้สอดคล้องกับทิศตะวันออก-ตะวันตก

(3) ฝึกตั้งกล้องและประกอบกล้องโทรทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์โดยทั่วไปในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์เมื่อถูกผลิตขึ้นมาแล้ว ถ้า ไม่มีการกระทบกระเทือนจนกระทั่งแนวทางเดินของแสงเปลี่ยนไปก็ไม่จาต้องปรับแต่งใดๆ เมื่อ ประกอบเข้ากับฐานสามารถนาไปใช้งานได้ทันที กล้องโทรทรรศน์



ภาพที่ 7 แสดงฐานระบบศูนย์สูตร และแนวการหมุน

(4)

กิจกรรม ฝึกตั้งกล้องและประกอบกล้องโทรทรรศน์

ศึกษาการหมุนของแกนทั้งสองของฐานกล้องโทรทรรศน์ และอุปกรณ์ควบคุมการหมุนรวมทั้งอุปกรณ์การปรับระดับหรือการวางตัวอื่นๆของฐานกล้องตั้งกล้องโทรทรรศน์พร้อมใช้งานภาคสนามในเวลากลางคืน ในกรณีฐานแบบขอบฟ้าควรตั้งฐานให้ได้ระดับไม่เอนเอียง และศึกษาทิศต่าง ๆ ตรงบริเวณที่ทาการสังเกตแต่ในกรณีฐานแบบศูนย์สูตรต้องตั้งแกนตะวันออกตะวันตกให้ขนานกับแกนหมุนของโลก การตั้งแกนอย่างง่ายที่สุดคืออาศัยดาวเหนือ ควรใช้กาลังขยายน้อยที่สุดในการเล็ง หรือใช้กล้องเล็งขนาดเล็กที่อาจติดอยู่ข้าง ๆ กล้องใหญ่ (ในกรณีมีกล้องเล็งขนาดเล็ก ต้องทาการปรับกล้องเล็งให้ขนานกับกล้องใหญ่ก่อนตามวิธีที่เขียนไว้ในหมายเหตุท้ายหัวข้อนี้)จากนั้นตั้งขาตั้งให้ได้ระดับ หมุนแกนเหนือใต้ให้กล้องชี้ไปทางทิศเหนือแล้วปรับความเอียงของส่วนบนของฐานให้ได้มุมเงยเท่ากับค่าเส้นรุ้งของตาบลที่ทาการสังเกต เมื่อส่องผ่านเลนส์ใกล้ตาของกล้องเล็งควรจะเห็นดาวเหนือปรากฏอยู่ที่ใดที่หนึ่งในช่องมองภาพนั้น จากนั้นปรับให้ส่วนบนของฐานหมุนไปทางซ้ายหรือขวาขนานกับพื้นดิน และปรับมุมเงยของส่วนบนของฐานนี้ด้วยถ้าจาเป็น เพื่อให้ภาพดาว

เหนือมาปรากฏอยู่บริเวณกลางช่องมองภาพของกล้องเล็ง วิธีนี้เป็นวิธีปรับแบบพอใช้งานได้ จากนี้ก็สามารถชี้ดาวที่ต้องการ และปรับแกนตะวันออกตะวันตกให้หมุนตามดาวได้อย่างสอดคล้องกับการหมุนของโลก

หมายเหตุ : การปรับกล้องเล็งให้ขนานกับกล้องใหญ่ เริ่มจากเล็งกล้องใหญ่ไปที่วัตถุที่เห็นได้ง่ายเช่นดวงจันทร์ หรือยอดสิ่งก่อสร้างที่อยู่ระยะไกล เลือกตาแหน่งวัตถุให้แน่นอน เช่นหลุมบนดวงจันทร์ หรือยอดเสาอากาศเป็นต้น จากนั้นปรับปุ่มบังคับตัวกล้องเล็กให้ชี้ไปที่เดียวกับกล้องใหญ่ ทาให้กล้องเล็งพร้อมใช้งานสาหรับเล็งวัตถุอื่นๆก่อนใช้กล้องใหญ่ คาถาม ฐานกล้องที่เป็นระบบขอบฟ้าจะปรับให้ใช้งานเป็นฐานระบบศูนย์สูตรได้หรือไม่?

บทที่ 5

ดาวเคราะห์ดวงที่สิบ

(บทความนี้ตีพิมพ์ก่อนที่จะประกาศให้ดาวพลูโตไม่ใช่ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ)

นักดาราศาสตร์ในประเทศอังกฤษและสหรัฐอเมริกา ประกาศการค้นพบสิ่งที่อาจจะเป็นดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือ ดาวฤกษ์ที่มีสภาพเป็นดาวแคระสีน้ำตาล อยู่ที่แถบขอบนอกของระบบสุริยะ ลึกเข้าไปในแถบถิ่นที่อยู่ของดาวหาง ที่รู้จักเรียกกันว่า เมฆออร์ต (Oort Cloud)

เรื่องของดาวเคราะห์ดวงที่สิบของระบบสุริยะ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองของระบบสุริยะ อยู่ลึกเข้าไปในแถบถิ่นที่อยู่ของบรรดาดาวหางส่วนใหญ่ของระบบสุริยะ คือ เมฆออร์ต เป็นเรื่องที่ได้รับการนำเสนอเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณสามสิบปีมาแล้ว เกี่ยวเนื่องกับการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์เมื่อ 65 ล้านปีก่อนว่า อาจจะเกิดจากการที่โลกถูกดาวเคราะห์น้อย หรือขบวนดาวหางเป็นจำนวนมาก ในระดับอาจเรียกเป็นกองทัพ ถล่ม แล้วเกิดสภาพฤดูหนาวนิวเคลียร์ (Nuclear Winter) ขึ้นมาบนโลก ส่งผลให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์

สำหรับสาเหตุของการที่จะเกิดมีกองทัพดาวหางถล่มโลกได้เมื่อ 65 ล้านปีก่อน ผู้เสนอทฤษฎีเชื่อว่า อาจเกิดจากการที่มีดาวเคราะห์ดวงที่สิบของระบบสุริยะ หรือ ดาวฤกษ์ดวงที่สองของระบบสุริยะ อยู่ลึกเข้าไปในแถบถิ่นที่อยู่ของดาวหาง คือ เมฆออร์ต แล้วก็จากการที่ดาวหางในเมฆออร์ตถูกรบกวนนี้เอง ทำให้ดาวหางจำนวนหนึ่ง เดินทางแตกจากกลุ่ม พุ่งเข้ามาสู่ส่วนในของระบบสุริยะ

ดาวเคราะห์ดวงที่สิบนั้น ได้รับการขนานนามชั่วคราวเรียกเป็น **ดาวเคราะห์เอกซ์** (Planet X) ส่วนดาวฤกษ์ดวงที่สองนั้น ถูกตั้งชื่อเรียกว่า **เนเมซิส** (Nemesis) จากนั้น ก็มีความพยายามค้นหาดาวเคราะห์ดวงที่สิบกันมา ทั้งโดยอาศัยการค้นหาด้วยกล้องโทรทรรศน์ดีที่สุดที่มีอยู่ รวมทั้งกล้องโทรทรรศน์อวกาศ และโดยการศึกษาจากสภาพการเคลื่อนที่ของยานอวกาศที่ถูกส่งออกนอกระบบสุริยะสองลำแรก คือ **ไพโอเนียร์ -10** และ **ไพโอเนียร์ -11**

ความหวังตั้งกันไว้สูงที่หลักฐานจากยานไพโอเนียร์ - 10 และไพโอเนียร์ - 11 ซึ่งถูกส่งออกจากโลกเมื่อปี ค.ศ. 1972 และ ค.ศ. 1973 ตามลำดับ เพราะเชื่อกันว่า ถ้าดาวเคราะห์เอกซ์ หรือดาวฤกษ์เนเมซิสมีจริง จะมีผลต่อการเดินทางของยานไพโอเนียร์ - 10 และไพโอเนียร์ - 11 อย่างแน่นอน

มาถึงจนกระทั่งปัจจุบัน เฉพาะข้อมูลจากการค้นหาดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองโดยตรง และจากสภาพการเดินทางของยานไพโอเนียร์ - 10 และ ไพโอเนียร์ - 11 ไม่พบหลักฐานว่า มีดาวเคราะห์ดวงที่สิบหรือดาวฤกษ์ดวงที่สอง

จริง ๆ แล้ว เฉพาะข้อมูลจากยานไพโอเนียร์ - 10 และ ไพโอเนียร์ -11 นักวิทยาศาสตร์ของนาซา ผู้ติดตามการเดินทางของยานสำรวจอวกาศทั้งสองลำ เป็นเวลาเกือบสามสิบปี ก็ได้พบความผิดปกติของการเดินทางของยานอวกาศทั้งสองอยู่บ้าง คือ พบว่า ยานอวกาศทั้งสองลำ เคลื่อนที่ออกไปจากระบบสุริยะ หรือในทิศทางออกไปจากดวงอาทิตย์ ช้ากว่าที่ควรจะเป็น

ทว่า ความผิดปกตินี้ เป็นความผิดปกติเพียงเล็กน้อย และดูเหมือนจะเป็นผลเกี่ยวเนื่องกับแรงดึงดูดโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์มากกว่า มิใช่จากสิ่งที่คาดหวังว่า จะเป็นดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สอง

ดังนั้น โดยสรุปแล้ว จึงกล่าวได้ว่า ไม่มีการค้นพบหลักฐานการมีอยู่จริงของดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สอง ในแนวคิดเกี่ยวกับการสูญพันธุ์ไดโนเสาร์ เมื่อ 65 ล้านปีมาก่อน

มาล่าสุด เมื่อกลางเดือนตุลาคม ค.ศ. 1999 วงการดาราศาสตร์และผู้สนใจติดตามเรื่องราวของดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือ ดาวฤกษ์ดวงที่สองของระบบสุริยะ ก็ได้ตื่นเต้นกันขึ้นมาอีก กับการประกาศของสองนักดาราศาสตร์จากสองทวีป

คนหนึ่งคือ **จอห์น เมอเรย์** (John Murray) แห่ง Open University ประเทศอังกฤษ อีกคนหนึ่งคือ **จอห์น มาทีส** (John Matese) แห่ง University Of Southweestern Louisiana ที่ Lafayette

นักดาราศาสตร์ทั้งสองคน ได้ใช้ข้อมูลทางด้านดาราศาสตร์เดียวกัน และได้ผลสรุปออกมาตรงกัน

ผลงานของจอห์น เมอเรย์ ปรากฏออกมาก่อน ในวันที่ 7 เดือนตุลาคม ค.ศ. 1999 ในจุลสารรายงานประจำเดือนของราชสมาคมดาราศาสตร์ (Royal Astronomical Society) ประเทศอังกฤษ ส่วนของจอห์น มาทีส เป็นรายงานที่เขาเสนอเอง ในวันที่ 11 เดือนตุลาคม ค.ศ. 1999 ต่อการประชุมของสมาคมดาราศาสตร์อเมริกัน (The American Astronomical Society หรือ AAA) ซึ่งถูกจัดขึ้นที่เมือง ปาดัว ประเทศอิตาลี

ข้อมูลที่นักดาราศาสตร์ทั้งสองใช้ตรงกัน คือการเคลื่อนที่หรือวิถีโคจร ของดาวหางจำนวนเกือบ 300 ดวง ที่มีถิ่นกำเนิดเท่าที่ตรวจศึกษาได้ อยู่ในแถบถิ่นที่อยู่ของดาวหางส่วนใหญ่คือเมฆออร์ต แล้วก็เดินทางเข้าหาดวงอาทิตย์เป็นครั้งแรก ดาวหางเหล่านี้ ถ้าไม่ถูกอะไรที่มีอิทธิพลมากเป็นพิเศษอยู่ในเมฆออร์ตเองรบกวน จะหลุดเข้าสู่วิถีโคจรภายในระบบสุริยะน้อยมาก และดวงหนึ่ง ๆ อาจมีคาบการโคจรยาวนานนับเป็นล้านปีทีเดียว

ทว่า จากการศึกษาวิถีโคจรของดาวหางจากเมฆออร์ตจำนวนเกือบ 300 ดวง นักดาราศาสตร์ทั้งสองสรุปออกมาตรงกันว่า มีดาวหางจำนวนมากอย่างผิดปกติ ที่ดูเหมือนถูกสิ่งรบกวนขนาดใหญ่สิ่งหนึ่ง อยู่ที่ตำแหน่งหนึ่งในเมฆออร์ตเองรบกวน ทำให้หลุดออกจากเมฆออร์ต กลายเป็นดาวหางโคจรเข้าหาดวงอาทิตย์

จากการคำนวณของนักดาราศาสตร์ทั้งสอง คาดว่า สิ่งที่รบกวนดาวหางในเมฆออร์ตนั้น น่าจะมีมวลประมาณสามเท่าของดาวพฤหัสบดี หรือ มีขนาดประมาณสิบเท่าของดาวพฤหัสบดี

สำหรับตำแหน่งของสิ่งที่ถูกค้นพบ จอห์น เมอเรย์ คำนวณออกมาว่า อยู่ที่ระยะห่าง 32,000 เอยู (AU) จากดวงอาทิตย์ หรือ อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 32,000 เท่าของระยะห่างระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก ส่วน จอห์น มาทีส คำนวณออกมาว่า น่าจะอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 25,000 เอยู

ถ้าหากว่า สิ่งที่ถูกค้นพบอย่างอ้อมๆ (เพราะไม่ใช่การค้นพบโดยตรงดังเช่นส่องกล้องโทรทรรศน์พบ) เป็นวัตถุมีมวลมากกว่าดาวพฤหัสบดีประมาณสามเท่า ก็ต้องเป็นดาวเคราะห์ เพราะในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหมดที่ถูกค้นพบ ล้วนมีมวลอย่างน้อยที่สุดประมาณสิบเท่าของดาวพฤหัสบดี จึงจะเริ่มมีสถานภาพเป็นดาวฤกษ์

นักดาราศาสตร์ทั้งสองมีความเห็นตรงกันว่า สิ่งที่ถูกค้นพบ น่าจะมีขนาดไม่มากกว่าดาวพฤหัสบดีเกินสิบเท่า ก็เพราะว่า ถ้ามีขนาดใหญ่กว่านี้ ก็จะต้องสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์มากพอ จนกระทั่งถูกส่องพบโดยกล้องโทรทรรศน์แล้ว

โอกาสที่สิ่งถูกค้นพบจะเป็นดาวฤกษ์ ก็มีอยู่ แต่ก็คงจะเป็นดาวฤกษ์มีขนาดเล็กและไม่มีแสงสว่างนัก คือ เป็นดาวแคระสีน้ำตาล จึงยังไม่ส่องแสงสว่างมากพอที่จะถูกตรวจพบแล้ว โดยกล้องโทรทรรศน์จากโลก

ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองของระบบสุริยะที่เพิ่งถูกค้นพบ ที่น่าสนใจเป็นพิเศษ คือ นักดาราศาสตร์ทั้งสองผู้ค้นพบ คิดว่าดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองนี้ **น่าจะเป็นสมาชิกใหม่ของระบบสุริยะ** มิได้กำเนิดมาพร้อมกับสมาชิกอื่น ๆ ของระบบสุริยะ เพราะมีวิถีโคจรที่แปลก คือ (1) ดูเหมือนจะโคจรในทิศทางสวนทางกับดาวเคราะห์ทั้งเก้าดวง และ (2) มีวิถีโคจรที่ดูจะไม่มีเสถียรภาพนัก คือ ยังไม่อยู่ตัว แล้วดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองนี้ จะเป็นต้นเหตุของการทำให้เกิดกองทัพดาวหางถล่มโลกเมื่อ 65 ล้านปี จนกระทั่งทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ไป หรือไม่ ?

คำตอบ คือ ไม่น่าจะใช่ เพราะต้นเหตุการที่โลกถูกถล่มเมื่อ 65 ล้านปีก่อน ตามข้อมูลล่าสุด ดูเหมือนจะเป็นดาวเคราะห์น้อย มิใช่ดาวหาง

แล้วมนุษย์โลกจะมีโอกาสได้เห็นหลักฐานชัด ๆ คือ ดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองนี้ หรือไม่ ? ถ้าดาวเคราะห์ดวงที่สิบ หรือดาวฤกษ์ดวงที่สองของระบบสุริยะ มีอยู่จริง ก็เชื่อได้เลยว่า จะถูกตรวจพบโดยตรงได้ ในอนาคตไม่ไกลนัก๊

เพราะดาวเคราะห์ขนาดใหญ่กว่าดาวพฤหัสบดี หรือดาวแคระสีน้ำตาล ถึงแม้จะไม่สามารถสะท้อน แสงจากดวงอาทิตย์ได้มาก หรือไม่สว่างพอจะเห็นได้โดยกล้องโทรทรรศน์ดีที่สุดของโลก จะต้องปล่อยคลื่นวิทยุ และรังสีอินฟราเรดออกมามาก ซึ่งหมายความว่า **กล้องโทรทรรศน์วิทยุขนาดใหญ่ของโลก น่าจะตรวจจับได้ไม่ยากนัก หรือมิฉะนั้น กล้องโทรทรรศน์รังสีอินฟราเรดรุ่นต่อไปในอนาคตอันใกล้ ก็จะต้องตรวจจับได้อย่างแน่นอน**

นักดาราศาสตร์กลุ่มหนึ่ง นำโดย ดร. ไมค์ บราวน์ จากสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย ร่วมกับ ดร.ชาด ทรูจิลโล จากหอดูดาวเจมิไนในฮาวาย และเดวิด ราบิโนวิตซ์ จากมหาวิทยาลัยเยล พบวัตถุที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ดวงใหม่ดวงหนึ่ง เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2546 ด้วยกล้องแซมูเอลออสชินขนาด 48 เมตรที่หอดูดาวพาโลมาร์ในซานดิเอโก

บริวารดวงอาทิตย์ดวงใหม่นี้มีชื่อว่า เซดนา (Sedna) ซึ่งตั้งชื่อตามเทพีแห่งมหาสมุทรของอินูอิต ข้อมูลเบื้องต้นทราบว่าอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ 13,000 ล้านกิโลเมตร หรือมากกว่าดาวพลูโตสามเท่านับเป็นวัตถุของระบบสุริยะที่อยู่ไกลที่สุดเท่า ที่เคยค้นพบ

ดาวเซดนามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,700 กิโลเมตร แม้จะเล็กกว่าดาวพลูโต (2,300 กิโลเมตร) แต่ก็ยังใหญ่กว่าดาวควาอัวร์ ซึ่งเป็นวัตถุไคเปอร์ที่ใหญ่ที่สุดที่ค้นพบได้ในขณะนี้ ค้นพบโดยนักดาราศาสตร์คณะเดียวกันเมื่อปี 2545 และเป็นวัตถุที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะที่พบดาวพลูโตเมื่อปี 1930

ดาวเซดนามีสมบัติน่าสนใจหลายอย่าง นอกจากขนาดและตำแหน่งแล้ว ยังพบว่าสีพื้นผิวแดงมาก เป็นรองเพียงดาวอังคารเท่านั้น แต่นักดาราศาสตร์ก็ยังไม่ทราบว่าพื้นผิวของเซดนาประกอบด้วยอะไรแม้จะใช้ กล้องโทรทรรศน์เฟรเดอริกซีจิลเลตต์เจมิไน ซึ่งเป็นกล้องโทรทรรศน์เชิงแสง/อินฟราเรดที่ใหญ่ที่สุดในโลกบนเขามานาเคอาใน ฮาวายช่วยสำรวจแล้วก็ตาม

และที่น่าสนใจมากที่สุดก็คือวงโคจร ดาวเซดนามีคาบโคจร 10,500 ปี โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีมาก ต่างจากวงโคจรของดาวเคราะห์และวัตถุไคเปอร์ที่โคจรเป็นวงเกือบกลม ลักษณะของวงโคจรเช่นนี้คล้ายกับวัตถุที่อยู่ในบริเวณหนึ่งที่เรียกว่า เมฆออร์ต

เมฆออร์ตเป็นบริเวณหนึ่งที่เชื่อว่าเป็นแหล่งกำเนิดของดาวหางจำนวนมาก อยู่ห่างจากวงโคจรของดาวเคราะห์และวัตถุไคเปอร์ออกไป แต่เซดนาอยู่ใกล้กว่าระยะของเมฆออร์ตที่ทฤษฎีคาดไว้ถึง 10 เท่า จึงไม่อาจสรุปได้ว่าดาวเซดนาเป็นวัตถุในเมฆออร์ต แต่ถ้าดาวเซดนาเป็นวัตถุจากเมฆออร์ตจริง ก็จะเป็นการยืนยันเป็นครั้งแรกว่ามีเมฆออร์ตอยู่จริง บราวน์สันนิษฐานว่า ดาวเซดนาอาจเป็นวัตถุในเมฆออร์ตมาก่อน แต่เมื่อหลายพันล้านปีก่อนมีดาวฤกษ์แปลกปลอมเข้ามาใกล้เมฆออร์ต แรงดึงดูดของดาวดวงนั้นรบกวนให้วัตถุในเมฆออร์ตส่วนหนึ่งเคลื่อนจากเมฆออร์ต เข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากขึ้น ดาวเซดนาอาจเป็นหนึ่งในจำนวนนั้น

นอกจากนี้ ราบิโนวิตซ์กล่าวว่าพบหลักฐานบางอย่างว่าดาวเซดนาอาจมีบริวารด้วย ในอนาคตอันใกล้นี้จะมีการใช้กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลของนาซาช่วยค้นหาบริวารปริศนานี้ด้วย เมื่ออยู่ที่ตำแหน่งห่างดวงอาทิตย์ที่สุด เซดนาจะอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ถึง 130,000 ล้านกิโลเมตร หรือไกลกว่าระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ 900 เท่า ที่บริเวณนั้นเซดนาจะมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า -240 องศาเซลเซียส

ขณะนี้เซดนากำลังเคลื่อนที่เข้าใกล้โลกเรื่อย ๆ ตามวงโคจร และจะเข้าใกล้โลกมากที่สุดในอีก 72 ปีข้างหน้า

อาจมีโลกอื่นที่ขอบระบบสุริยะ

นัก ดาราศาสตร์บางคนบอกว่าอาจมีดาวเคราะห์ขนาดเท่าดาวอังคารหรือโลกอยู่ที่ปลาย ระบบสุริยะของเรา แต่แม้แต่กล้องโทรทรรศน์อวกาศรุ่นล่าสุดซึ่งส่งในปี 2009 ก็มีโอกาสเพียงน้อยนิดที่จะพบวัตถุห่างไกลเช่นนั้นได้



ภาพ เปรียบเทียบขนาดวัตถุต่างๆ ตั้งแต่ดาวเคราะห์น้อยเซเรส(Ceres) จนถึงสิ่งที่อาจเป็นดาวเคราะห์ดวงที่สิบ 2003UB313 และดวงจันทร์ต่างๆ ในระบบสุริยะ :

พิภพ ดังกล่าวถ้ามีอยู่จริง ก็น่าจะมีวงโคจรที่ห่างจากพลูโตหรือดาวเคราะห์แคระ(dwarf planets) อื่นๆ ในระบบสุริยะส่วนนอกออกไปอีก มันน่าจะเหมือนกับดาวอังคารหรือโลกในแบบเยือกแข็ง ซึ่งเป็นสถานที่ที่ไม่เหมาะจะเป็นบ้านของสิ่งมีชีวิต และมันก็ไม่น่าจะอยู่โดยลำพัง Alan Stern นักวิทยาศาสตร์ดาวเคราะห์ที่สถาบันวิจัยเซาธ์เวสต์(SwRI) ในโบลเดอร์ โคโลราโด กล่าวว่า เมื่อเรื่องราวของระบบสุริยะถูกเขียนขึ้น ก็ดูเหมือนว่าน่าจะมีดาวเคราะห์เกือบ 900 ดวง แทนที่จะเป็น 9 ดวงอย่างที่เราคุ้นเคยมาตั้งแต่เด็ก

เพียงการค้นพบที่อาจจะเกิดขึ้น แค่ไม่กี่งานก็อาจจะไปถึงพิภพขนาดเท่าโลก เปรียบเทียบกับฝูงวัตถุขนาดเท่าพลูโตที่ Stern และคนอื่นๆ คาดว่าจะพบ วัตถุแต่ละดวง ไม่ว่าจะถูกเรียกว่าดาวเคราะห์, ดาวเคราะห์แคระ หรืออะไรก็ตาม น่าจะเป็นแคปซูลเวลาแช่แข็งที่อาจเผยเกี่ยวกับวิวัฒนาการเริ่มแรกของระบบ สุริยะของเราได้มาก แม้แต่อาจจะบังคับให้นักวิทยาศาสตร์ต้องหวนมาคิดถึงนิยามของดาวเคราะห์ หลังจากการลดระดับพลูโตลงมาเป็นดาวเคราะห์แคระ

ความตกต่ำของพลูโตบางส่วนเป็นเพราะนักดาราศาสตร์ได้พบเทหวัตถุขนาดเล็กจำนวน หนึ่งในระบบสุริยะรอบนอก ดาวเคราะห์แคระอย่างเช่น เอริส(Eris) ปรากฏอยู่ในเขตน้ำแข็งเลยวงโคจรเนปจูนออกไป ซึ่งเรียกว่า แถบไคเปอร์(Kuiper belt) แต่ยังไม่พบดาวเคราะห์ขนาดเท่าดาวอังคารหรือโลก Mike Brown นักดาราศาสตร์ที่แคลเทค ซึ่งนำทีมค้นพบเอริส(และตอนแรกมีชื่อเล่นว่า Xena) และดาวเคราะห์แคระอื่นๆ กล่าวว่า สำหรับแถบไคเปอร์เราสามารถกล่าวได้ว่าที่นั่นไม่มี(วัตถุ) ขนาดเท่าโลกหรือดาวอังคารอยู่ เมื่อผลกระทบพลวัติของมันน่าจะสังเกตเห็นได้ง่าย

หนึ่งในการค้นพบดาวเคราะห์แคระของ Brown นั้นคือ Sedna มีวงโคจรที่รีประหลาดระหว่างแถบไคเปอร์และเมฆออร์ต(Oort cloud) ซึ่งอยู่ไกลออกมาอีกนั้น นักดาราศาสตร์คนหนึ่งเสนอว่าอาจจะเป็นสัญญาณของอิทธิพลแรงโน้มถ่วงของพิภพ อื่นที่มีขนาดใหญ่เท่ากับโลก แต่ Brown สงสัยว่าวัตถุขนาดใหญ่อย่างนั้นน่าจะถูกตรวจพบแล้ว(ถ้ามีอยู่)

Brown และ Stern บอกว่าเมฆออร์ตน่าจะเป็นสถานที่ต้องสงสัยว่าจะมีพิภพขนาดเท่าดาวอังคารหรือ โลกอยู่มากกว่า เมฆออร์ตนั้นล้อมรอบระบบสุริยะของเราด้วยวัตถุน้ำแข็งหลายพันล้านก้อน ที่ระยะทางไกลถึง 50,000 AU Brown กล่าวว่า เมื่อคุณเลยจากแถบไคเปอร์ออกไป จนถึงเขตของเซดน่า หรือเมฆออร์ต คุณสามารถจะซ่อนสิ่งต่างๆ ไว้โดยเอามันไปไว้ไกลๆ เขาบอกว่าการค้นพบวัตถุขนาดใหญ่ในระบบสุริยะส่วนนอกในอนาคตน่าจะบอกนักวิทยา ศาสตร์ว่ามีแนวความคิดที่ผิดว่าดาวเคราะห์ก่อตัวอย่างไร หรือไม่ก็บ่งชี้ว่าระบบสุริยะในช่วงแรกมีวัสดุสารมากกว่าที่เคยสงสัยกัน

Brown กล่าวว่า สำหรับผม ที่น่าสนใจยิ่งกว่าก็คือมันน่าจะเป็นวัตถุขนาดใหญ่ประเภทใหม่โดยสิ้นเชิง เราไม่มีเทหวัตถุขนาดเท่าดาวเคราะห์ที่เต็มไปด้วยน้ำแข็งในระบบสุริยะ ดังนั้นเราจึงไม่ทราบอย่างแน่ชัดว่ามันจะมีสภาพอย่างไร และมีผลอย่างไร Stern สนับสนุนแนวความคิดที่ว่ามีวัตถุขนาดเท่าดาวเคราะห์อยู่ที่ระบบสุริยะส่วน นอกมานานแล้ว เขาอ้างถึงแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่แสดงว่าดาวเคราะห์ขนาดกลางอาจจะก่อตัวใน ระหว่างการสร้างดาวเคราะห์ก๊าซยักษ์อย่างดาวพฤหัส อันปั่นป่วนได้อย่างไร ในขณะที่วัตถุชิ้นเล็กกว่าซึ่งหมุนวนรอบๆ นั้นเกาะกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อก่อตัวเป็นวัตถุใหญ่ขึ้น แรงโน้มถ่วงของดาวเคราะห์ยักษ์จะกวาดพื้นที่ระหว่างพวกมัน โดยที่แต่ละดวงก็สามารถเหวี่ยงดาวเคราะห์ขนาดเล็กและกลางออกสู่ที่ห่างไกลใน ระบบได้ Stern อธิบาย

ดาวเคราะห์ขนาดเล็กหรือกลางเช่นนั้นซึ่งเพ่นพล่านอยู่ในส่วนไกลของระบบ สุริยะได้สร้างความแตกแยกในการประชุมสหพันธ์ดาราศาสตร์นานาชาติ(IAU) ในปี 2006 Stern ได้วิจารณ์การตัดสินใจของ IAU อย่างแรงที่ลดระดับพลูโตลง ส่วนหนึ่งอันเนื่องมาจากตำแหน่งของมันในระบบสุริยะ เขากล่าวว่า IAU กำลังค่อยๆ เริ่มตระหนักว่าได้ทำผิดพลาดครั้งใหญ่ เขาทำนายว่าองค์กรน่าจะกลับการตัดสินใจในปี 2006 ถ้ามีการค้นพบวัตถุขนาดเท่าดาวเคราะห์ใหม่ๆ ในอนาคต

Brown เห็นด้วยกับการตัดสินใจของ IAU ว่าเป็นคำนิยามที่ชัดเจนมากๆ ในแง่ประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่เขาเองก็บอกถึงความน่าจะเป็นที่ระบบสุริยะส่วนนอกจะมีดาวเคราะห์ขนาดเท่า ดาวอังคารหรือโลก เขากล่าวว่า มันดูค่อนข้างชัดเจนถ้ามีบางสิ่งที่มีขนาดเท่าโลกถูกค้นพบ และทุกๆ คนก็จะเรียกมันว่าดาวเคราะห์ แล้วเราก็จะกลับสู่กระดานดำอีกครั้งอย่างช่วยไม่ได้

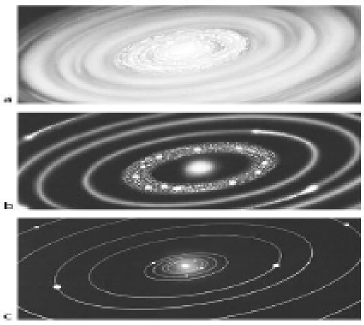
ความคาดหวังที่จะพบดาวเคราะห์ที่ใหญ่กว่าอยู่ห่างออกไปมากกว่าอาจจะต้องรอ ต่อไปจนกระทั่งการตรวจสอบพัฒนาขึ้น Stern เปรียบเทียบการสำรวจของกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่มีอยู่ว่า เป็นการมองท้องฟ้าผ่านฟองโซดา เนื่องจากกล้องโทรทรรศน์ส่วนใหญ่มีมุมมองที่แคบมากๆ แม้แต่กล้องที่ทรงพลังที่สุดก็สามารถพบเทหวัตถุโดยตรงเฉพาะที่อยู่ไกลกว่า พลูโตได้เพียง 10 เท่าเท่านั้น

ยานใหม่ของนาซ่า WISE มีโอกาสที่น้อยนิดในการจับสิ่งที่อาจเป็นดาวเคราะห์ด้วยการสำรวจท้องฟ้าทั่ว ทั้งหมด Brown และ Stern เห็นพ้องกัน แต่พวกเขาก็หวังสูงขึ้นกับกล้องโทรทรรศน์ Large Synoptic Survey ซึ่งน่าจะมีความสามารถในการจับวัตถุขนาดเท่าโลกได้ไกลถึง 1000 AU แต่ระยะทางดังกล่าว ก็ยังถือว่าสั้นเมื่อเทียบกับความกว้างใหญ่ของเมฆออร์ต ซึ่งกินพื้นที่ถึงหลายหมื่น AU แต่อย่างไรก็ตาม Stern บอกว่าการสำรวจอวกาศในอนาคตอาจจะไปถึงฝาแฝดของโลกในที่ห่างไกลได้ ซึ่งเป็นแนวความคิดที่เป็นไปได้เมื่อ Stern เป็นหัวหน้าคณะปฏิบัติการ New Horizons ซึ่งมุ่งหน้าไปพลูโต เขากล่าวว่า เมฆออร์ตเป็นห้องใต้หลังคาเก็บของของระบบสุริยะ ที่มีทุกสิ่งทุกอย่างเก็บไว้ที่นั่น เราก็แค่ไม่มีบันไดที่ใหญ่มากพอและสำรวจมันก็เท่านั้น

บทที่ 5
ระบบสุริยะ

กำเนิดระบบสุริยะ

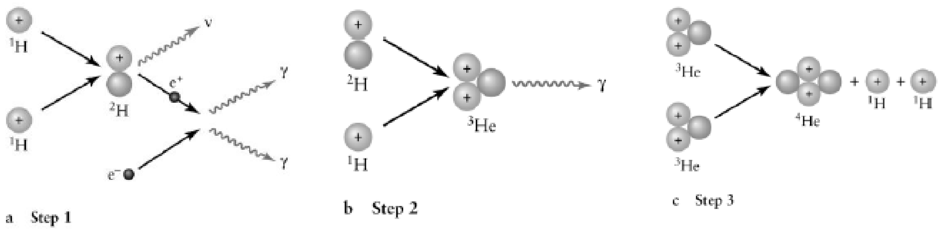
กำเนิดระบบสุริยะ ระบบสุริยะเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 4.5 พันล้านปีก่อน จากการรวมตัวกันของฝุ่นและแก๊สต่าง ๆ การรวมตัวกันนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของฝุ่นและแก๊สเอง เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็ค่อย ๆ สูงขึ้นด้วย บริเวณใจกลางของแก๊สที่มารวมตัวกันจะมีความหนาแน่นมากที่สุด และมีการหมุนของกลุ่มแก๊สที่มารวมกันนี้เพื่ออนุรักษ์โมเมนตัม ในที่สุดบริเวณใจกลางก็มีความหนาแน่นสูงจนเกิดเป็นดาวฤกษ์ซึ่งก็คือดวงอาทิตย์นั่นเอง แก๊สและฝุ่นที่มีมวลต่ำในบริเวณใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ก็จะถูกแรงโน้มถ่วงดึงดูดเข้ารวมเป็นส่วนหนึ่งของดวงอาทิตย์เอง ไกลออกไปจากบริเวณศูนย์กลางของระบบสุริยะ ฝุ่นและแก๊สที่รวมตัวกันค่อย ๆ มีขนาดใหญ่มากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดค่อย ๆ เกิดเป็นดาวเคราะห์ต่าง ๆ โดยที่ดาวเคราะห์วงใน ได้แก่ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก และดาวอังคาร ต่างก็เป็นดาวเคราะห์ขนาดเล็กที่เป็นหินแข็งในบริเวณวงโคจรที่เป็นดาวเคราะห์วงในนี้ แก๊สที่มีมวลต่ำ เช่น ไฮโดรเจนและฮีเลียมได้ถูกแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ดึงไปจนหลงเหลือแต่ฝุ่นและแก๊สที่มีมวลสูงกว่า ดาวเคราะห์วงนอกที่เกิดขึ้นได้แก่ ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ ดาวยูเรนัส และดาวเนปจูน ต่างก็เป็นดาวเคราะห์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมเช่นเดียวกับดวงอาทิตย์เนื่องจากเกิดขึ้นจากแก๊สและฝุ่นในเนบิวลา (Nebula) เดียวกันกับที่เกิดดวงอาทิตย์นั่นเอง รอบ ๆ ดาวเคราะห์วงนอกเหล่านี้ยังมีการรวมตัวกันของฝุ่นละอองจนเกิดเป็นดวงจันทร์บริวารหลายดวง รวมถึงเกิดวงแหวนซึ่งอาจเกิดจากฝุ่นละอองที่ไม่สามารถรวมกันเป็นดวงจันทร์บริวารได้ ระหว่างวงโคจรของดาวเคราะห์วงในและดาวเคราะห์วงนอก เป็นบริเวณที่พบดาวเคราะห์น้อยเป็นจำนวนมาก จนเรียกว่าเป็นแถบดาวเคราะห์น้อย (Asteroid Belt) เป็นไปได้ว่าก้อนหินที่มีขนาดตั้งแต่ไม่กี่กิโลเมตรจนถึงหลายร้อยกิโลเมตรเหล่านี้ไม่สามารถรวมตัวกันเป็นดาวเคราะห์ได้เนื่องจากถูกแรงกระทำจากแรงโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดี แม้ว่าดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์เป็นลำดับที่ 9 ก็ตาม ดาวพลูโตกลับมีความคล้ายคลึงกับดาวเคราะห์น้อยมากกว่าดาวเคราะห์วงนอกดวงอื่น ๆ



ภาพที่ 3-1 การเกิดของระบบสุริยะจากการรวมตัวกันของแก๊สและฝุ่นละอองจนในที่สุดเกิดเป็นดวงอาทิตย์ ดาวเคราะห์ และบริวารต่าง ๆ

ดวงอาทิตย์ (The Sun)

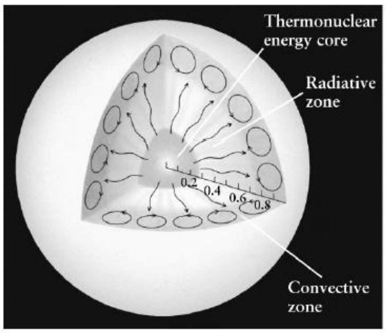
ดวงอาทิตย์นับเป็นดาวฤกษ์ขนาดกลางดวงหนึ่ง เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนลูกบอลเพลิงขนาดมหึมา ประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกันถึงกว่า 99.8% ของมวลทั้งหมด เป็นที่ทราบกันดีว่าดวงอาทิตย์เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันและการหลอมรวมกันของธาตุไฮโดรเจน 4 อะตอมกลายเป็นฮีเลียม 1 อะตอม เป็นที่มาของการเกิดพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นรังสีแกมมา อัลตราไวโอเลต แสงที่ตามองเห็นหรือความร้อน ปฏิกิริยานิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์เกิดจากการที่ดวงอาทิตย์มีมวลมหาศาล แรงโน้มถ่วงของมวลดังกล่าวทำให้แก๊สไฮโดรเจนถูกอัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูง จนกระทั่งแกนกลางของดวงอาทิตย์ (core) มีอุณหภูมิสูงกว่า 10 ล้านเคลวิน ปฏิกิริยานิวเคลียร์จึงเกิดขึ้นได้ พลังงานที่ปล่อยออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์มีผลทำให้ดวงอาทิตย์มีขนาดคงที่และไม่ยุบตัวจากแรงโน้มถ่วงต่อไป แกนกลางของดวงอาทิตย์เป็นบริเวณเดียวที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 15 ล้านเคลวิน แต่ละวินาทีไฮโดรเจนปริมาณ 700 ล้านตัน ถูกเปลี่ยนเป็นฮีเลียมปริมาณ 695 ล้านตัน โดยส่วนต่างของมวลนั้นถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานตามทฤษฎีสัมพัทธภาพ ซึ่งส่วนมากจะอยู่ในรูปของรังสีแกมมา แม้กระนั้นดวงอาทิตย์จะยังคงมีไฮโดรเจนเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้อีกไม่น้อยกว่า 5,000 ล้านปี (มวลดวงอาทิตย์ 1.989x1030 kg)



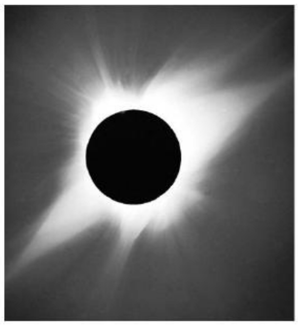
ภาพที่ 3-2 ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันที่เกิดขึ้นในแกนกลางของดวงอาทิตย์

ถัดออกมาจากแกนกลางเป็นบริเวณที่มีการแผ่รังสีความร้อน (radiative zone) ถัดออกมาอีกเป็นบริเวณที่แก๊สร้อนมีการเคลื่อนที่ เกิดการพาความร้อน (convective zone) จากแกนกลางออกมาสู่ผิวของดวงอาทิตย์หรือโฟโตสเฟียร์ (photosphere) ที่บริเวณโฟโตสเฟียร์ของดวงอาทิตย์นี้มีอุณหภูมิสูงประมาณ 5,800 เคลวิน หน่วยการเรียนที่ 3 ระบบสุริยะ 4

ดวงอาทิตย์หมุนรอบตัวเองในเวลาประมาณ 25 วัน โดยการหมุนรอบตัวเองนี้เกิดขึ้นเร็วที่สุดบริเวณเส้นศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์และช้าที่สุดบริเวณขั้วทั้งสอง (differential rotation) เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วแตกต่างกันนี้ท่าให้สนามแม่เหล็กของดวงอาทิตย์มีการบิดเบี้ยว บริเวณที่เกิดการผันผวนของเส้นแรงแม่เหล็กจะท่าให้เกิดจุดบนดวงอาทิตย์ (Sun spots) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดเป็นจุดสีเข้มบนดวงอาทิตย์เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของโฟโตสเฟียร์ (ประมาณ 3,800 เคลวิน) การเกิดจุดบนดวงอาทิตย์นี้มีการเปลี่ยนแปลงจ่านวนมากน้อยในทุก ๆ คาบ 11 ปี โดยครั้งสุดท้ายที่เกิดจุดบนดวงอาทิตย์จ่านวนมากสุดเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2000



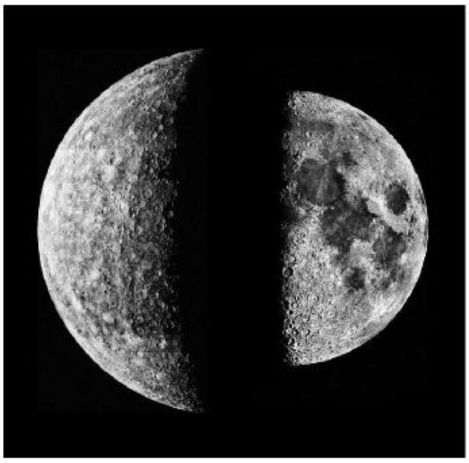
ภาพที่ 3-4 โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์



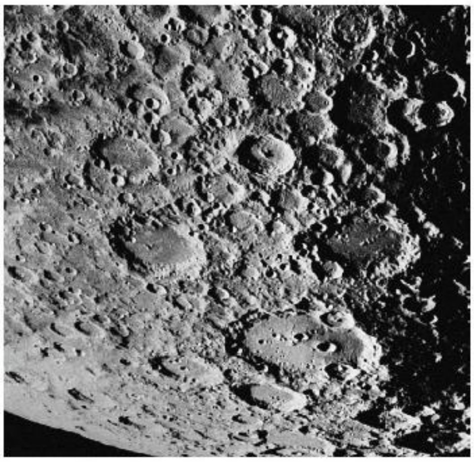
ภาพที่ 3-5 โคโรนาของดวงอาทิตย์ซึ่งเห็นได้ด้วยตาเปล่าเฉพาะขณะที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงเท่านั้น

โครงสร้างของดวงอาทิตย์ด้านนอก ถัดมาจากโฟโตสเฟียร์ ได้แก่ โครโมสเฟียร์ (chromosphere) ซึ่งเห็นได้ในขณะที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวง ในขณะที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงนี้ นอกจากจะเห็นโครโมสเฟียร์ได้แล้ว โครงสร้างด้านนอกสุดของดวงอาทิตย์ที่จะเห็นได้ชัดเจนเนื่องจากแสงรบกวนจากโฟโตสเฟียร์ถูกบดบังได้แก่โคโรนา (corona) ซึ่งก็คืออนุภาคมีประจุที่พุ่งออกมาดวงอาทิตย์ออกมาได้ไกลนับล้านกิโลเมตร โคโรนานี้เป็นต้นก่าเนิดของลมสุริยะ (Solar wind) และมีอุณหภูมิสูงถึง 2 ล้านเคลวิน 3.3 ดาวพุธ (Mercury)

ดาวพุธ



ภาพที่ 3-6 ภาพเปรียบเทียบขนาดและลักษณะพื้นผิวของดาวพุธ (ซ้าย) กับดวงจันทร์ของโลก (ขวา)



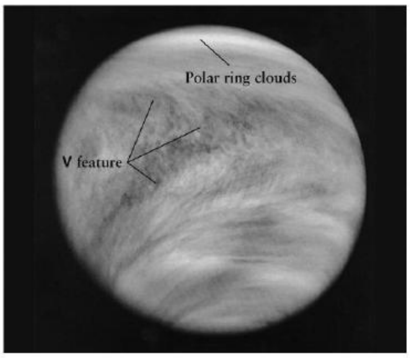
ภาพที่ 3-7 ภาพถ่ายหลุมอุกกาบาตของดาวพุธโดยยานมาริเนอร์ 10

แม้ว่าดาวพุธจะเป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด แต่ก็เป็นดาวเคราะห์ที่มีการศึกษาน้อยมากดวงหนึ่งเช่นกันทั้งนี้การศึกษาด้วยกล้องโทรทรรศน์จากโลกทำได้ยากเนื่องจากดาวพุธอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์และจะปรากฏสูงจากขอบฟ้าไม่มากนัก หลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าทางทิศตะวันตกหรือขึ้นก่อนดวงอาทิตย์ไม่นานมากนักทางทิศตะวันออก

ในปี 1974 องค์การอวกาศนาซาส่งยานอวกาศมาริเนอร์ 10 (Mariner 10) ซึ่งเป็นยานอวกาศลำเดียวที่เคยไปสำรวจดาวพุธและส่งภาพถ่ายรวมถึงข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือต่าง ๆ บนยานกลับมายังโลก ภาพถ่ายจากยานมาริเนอร์ 10 แสดงถึงหลุมอุกกาบาตมากมายที่เกิดจากการชนของวัตถุต่าง ๆ ในอดีตและมีลักษณะพื้นผิวคล้ายคลึงกับดวงจันทร์ของโลก ดาวพุธมีบรรยากาศห่อหุ้มเบาบางมากประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจน ฮีเลียม ออกซิเจนและอาร์กอนและมีความหนาแน่นบรรยากาศไม่ถึงหนึ่งในล้านส่วนของบรรยากาศของโลก ดาวพุธประกอบด้วยแกนกลางที่เป็นเหล็กมีขนาดใหญ่ถึงประมาณ 42% ของตัวดาวเคราะห์และมีสนามแม่เหล็กในตัวดาวเคราะห์เอง ซึ่งเกิดจากแกนกลางของดาวนี้ ดาวพุธมีความหนาแน่น 5.5 g/cm3 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับดาวเคราะห์ขนาดเล็กอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นดาวศุกร์หรือโลก ดาวพุธโคจรรอบดวงอาทิตย์ในเวลาประมาณ 88 วัน และหมุนรอบตัวเองเมื่อเทียบกับดาวอื่น ๆ ที่ไกลออกไป (sidereal rotation period) ในเวลาประมาณ 59 วันหรือ 2 ใน 3 ของเวลาที่ใช้ในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ดาวพุธมีการหมุนรอบตัวเองเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ (Solar ratation period) ยาวถึง 176 วันหรือ 2 เท่าของเวลาที่ใช้ในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบ เป็นผลให้ ดาวพุธมีเวลากลางวันและกลางคืนที่ยาวนานถึง 88 วันทำให้ด้านกลางวันของดาวพุธมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงถึง 427o C และมีอุณหภูมิในด้านกลางคืนต่ำถึง -183o C ดาวพุธนับเป็นดาวเคราะห์ที่ร้อนที่สุดและเย็นที่สุดเช่นกัน

ในอนาคตอันใกล้องค์การอวกาศนาซามีโครงการที่จะส่งยานอวกาศไปสำรวจดาวพุธอีกครั้งหนึ่งโดยจะส่งยาน MESENGER (MErcury Surface ENvironment GEochemistry and Ranging) ในปี 2004 โดยยานอวกาศ MESENGER จะเข้าสู่วงโคจรรอบ ๆ ดาวพุธในปี 2009 โดยจะทำการสำรวจทำแผนที่ดาวพุธและศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของดาวเอง เพื่อส่งข้อมูลต่าง ๆ กลับมายังโลก นอกจากนี้องค์การอวกาศยุโรปและองค์การอวกาศแห่งประเทศญี่ปุ่นก็มีโครงการที่จะส่งยานอวกาศไปสำรวจดาวพุธด้วยเช่นเดียวกัน

ดาวศุกร์



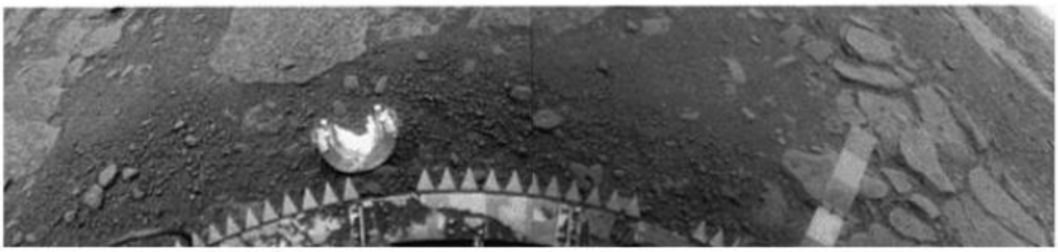
ภาพที่ 3-8 ภาพถ่ายดาวศุกร์แสดงให้เห็นเมฆที่เกิดจากกรดกำมะถันปกคลุมทั่วดาวเคราะห์



ภาพที่ 3-9 ภาพพื้นผิวดาวศุกร์ที่สร้างโดยคอมพิวเตอร์จากข้อมูลที่ได้จากเรดาร์ของยานแมกเจลแลน

ดาวศุกร์ (Venus) เป็นดาวเคราะห์วงในลำดับที่สองจากดวงอาทิตย์ ดาวศุกร์เป็นดาวเคราะห์ที่มีขนาดและมวลใกล้เคียงกับโลกของเรา อย่างไรก็ดีดาวศุกร์มีความแตกต่างในด้านอื่น ๆ จากโลกอย่างสิ้นเชิงและมีสภาพแวดล้อมบนดาวที่ยากต่อการที่สิ่งมีชีวิตจะเกิดขึ้นได้ ดาวศุกร์เป็นดาวเคราะห์ที่สว่างที่สุดเมื่อมองด้วยตาเปล่าจากพื้นโลก ทั้งนี้ดาวศุกร์เป็นดาวเคราะห์ที่สามารถโคจรเข้ามาใกล้โลกได้มากที่สุดโดยห่างเพียงแค่ 45 ล้านกิโลเมตรเท่านั้น เนื่องจากดาวศุกร์มีวงโคจรที่เล็กกว่าวงโคจรของโลก เมื่อสังเกตจากโลกเราจะเห็นดาวเคราะห์ที่สว่างสดใสนี้ได้ในช่วงเวลาหลังจากดวงอาทิตย์ตกลับขอบฟ้า หรือก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นในตอนเช้าเท่านั้น นอกจากนี้หากศึกษาดาวศุกร์ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กจากโลกจะเห็นดาวศุกร์ปรากฏเป็นเฟส (phase) ไม่เต็มดวงคล้ายคลึงกับการเกิดข้างขึ้นข้างแรมของดวงจันทร์

ดาวศุกร์เป็นดาวเคราะห์ที่มีบรรยากาศหนาแน่นมากโดยมีความดันบรรยากาศเฉลี่ยพื้นผิวสูงถึง 90 เท่าของความดันบรรยากาศโลกที่ระดับน้ำทะเล บรรยากาศของดาวศุกร์ประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนมากและมีเมฆที่เกิดจากกรดกำมะถัน (sulfuric acid) หนาทึบทำให้การศึกษาสภาพพื้นผิวดาวเคราะห์ทำได้ยาก การที่ดาวศุกร์มีบรรยากาศแบบนี้ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) มีผลให้อุณหภูมิบนพื้นผิวของดาวเคราะห์สูงกว่า 400oC ตลอดเวลา (ร้อนพอที่ทำให้ตะกั่วหลอมเหลวได้) การหมุนรอบตัวเองของดาวศุกร์มีความแตกต่างจากดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ก็คือดาวศุกร์หมุนรอบตัวเองช้ามาก (243 วัน) และหมุนกลับทางกับดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ (retrograde) ซึ่งไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดถึงที่มาของการหมุนกลับทางนี้ แต่อาจจะเป็นไปได้ว่าครั้งหนึ่งในอดีต อาจเคยมีวัตถุขนาดใหญ่โคจรเฉียดดาวศุกร์ แรงโน้มถ่วงมีผลทำให้ดาวศุกร์พลิกกลับด้าน เนื่องด้วยสภาพแวดล้อมบนดาวศุกร์มีความรุนแรง การส่งยานอวกาศไปลงสำรวจจึงทำได้ยาก สหภาพโซเวียตในอดีตได้ส่งยานเวเนรา (Venera) หลายลำลงจอดบนพื้นผิวดาวศุกร์และได้ส่งข้อมูลรวมถึงภาพถ่ายกลับมายังโลก อย่างไรก็ดียานเวเนราแต่ละลำไม่สามารถทำการศึกษาพื้นผิวดาวศุกร์เป็นเวลานานได้ เนื่องจากโดนทำลายด้วยความร้อน กรดกำมะถันและความดันอากาศสูง

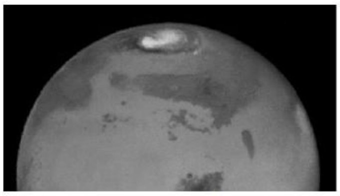


ภาพที่ 3-10 ภาพถ่ายพื้นผิวดาวศุกร์โดยยานเวเนรา 13 ของสหภาพโซเวียต

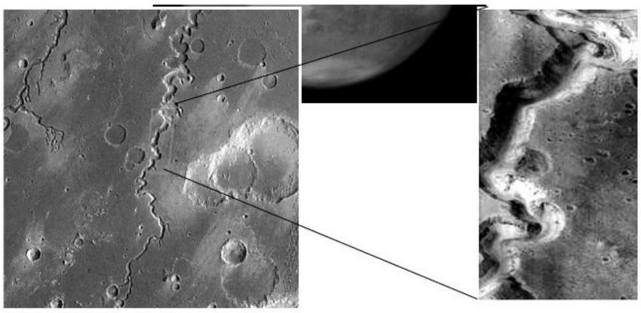
ในปี 1990 องค์การอวกาศนาซาได้ส่งยานอวกาศแมกเจลแลน (Magellan) ไปโคจรรอบดาวศุกร์และได้ทำการศึกษาพื้นผิวดาวศุกร์ด้วยการใช้เรดาร์ทะลุผ่านบรรยากาศที่หนาแน่นข้อมูลที่ได้ถูกสร้างให้เป็นแผนที่พื้นผิวของดาวศุกร์ พบว่าดาวศุกร์ก็มีร่องรอยหลุมที่เกิดจากการชนของอุกกาบาตเช่นเดียวกับดาวเคราะห์ดวงอื่น นอกจากนี้ยังพบว่า

เปลือกนอกของดาวเคราะห์ประกอบด้วยเพลตเทกโทนิก (plate tectonic) เพียงแผ่นเดียวและมีร่องรอยของภูเขาไฟที่ยังไม่ดับหลายแห่งซึ่งแสดงว่าภายใต้ผิวดาวศุกร์ยังมีอุณหภูมิสูงมากอยู่

ดาวอังคาร



ภาพที่ 3-11 ภาพถ่ายดาวอังคาร โดยกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล



ภาพที่ 3-12 ภาพถ่ายแสดงให้เห็นร่องรอยที่แสดงว่าครั้งหนึ่งเคยมีน้ำในสภาพของเหลวไหลอยู่บนดาวเคราะห์ดวงนี้ โดยยานมาร์สโกลบอลเซอร์เวเยอร์

ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์วงในดวงที่อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ดาวอังคารได้รับความสนใจจากผู้คนเสมอมาเนื่องจากในระยะเวลาทุก ๆ 26 เดือนจะโคจรเข้ามาใกล้โลกสามารถเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่าเป็นสีแดงสด และด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กจากพื้นโลก เราก็สามารถสังเกตเห็นลักษณะพื้นผิวของดาวเคราะห์ดวงนี้ได้รวมถึงน้ำแข็งสีขาวที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์ปกคลุมขั้วเหนือใต้ของดาวอังคารเอง

ดาวอังคารเป็นดาวเคราะห์ที่มีขนาดเล็กกว่าโลกโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 6,800 กิโลเมตรประมาณครึ่งหนึ่งของโลกเท่านั้น ดาวอังคารมีบรรยากาศเบาบางประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักโดยมีความดันบรรยากาศพื้นผิวเฉลี่ยน้อยกว่า 1% ของบรรยากาศบนโลก ดาวอังคารหมุนรอบตัวเองในเวลา 24 ชั่วโมง 37 นาทีและมีแกนหมุนเอียงท่ามุม 25 องศา (ของโลกเท่ากับ 23.5 องศา) ท่าให้เกิดฤดูกาลบนดาวเคราะห์ดวงนี้เช่นเกี่ยวกับโลกอย่างไรก็ดีดาวอังคารโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยเวลาประมาณ 23 เดือนจึงท่าให้แต่ละฤดูบนดาวอังคารยาวนานกว่าบนโลกเท่าตัวและเห็นได้ชัดเจนจากขนาดของแผ่นน้ำแข็งที่ขั้วเหนือใต้ของตัวดาวเคราะห์ซึ่งเปลี่ยนขนาดไปตามฤดูกาลบนดาวอังคารเอง

การส่ารวจดาวอังคารได้ผลอย่างจริงจังเมื่อยานไวกิง 1 และ 2 ได้ถูกส่งไปโคจรรอบ (Viking Orbiter) และลงจอดบนผิว (Viking Lander) ของดาวเคราะห์ดวงนี้ในปี ค.ศ. 1976 ยานไวกิงได้ส่งภาพถ่ายพื้นผิวนับพันภาพรวมถึงข้อมูลต่าง ๆ กลับมาอย่างมากมายท่าให้ทราบว่าอุณหภูมิพื้นผิวของดาวอังคารแปรเปลี่ยนระหว่าง -125oC ในเวลากลางคืนจนถึง 25oC ในเวลากลางวันยานไวกิงยังพบพายุฝุ่นที่ก่อตัวเป็นครั้งคราว รวมถึงวิเคราะห์องค์ประกอบของดินที่ผิวดาวเคราะห์ซึ่งพบว่าประกอบด้วยออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ รวมถึงเหล็กออกไซด์ซึ่งก็คือสนิมเหล็กและเป็นที่มาของสีแดงของดาวอังคารนั่นเอง

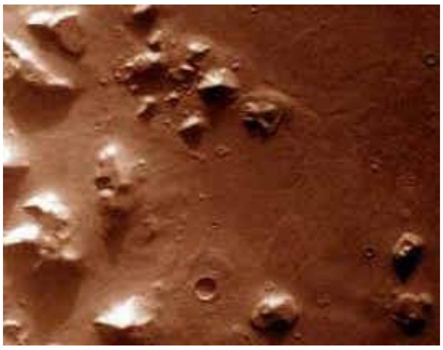
ในปี ค.ศ. 1997 ยานมาร์สพาธไฟเดอร์ (Mars Pathfinder) ได้ถูกส่งไปลงจอดบนดาวอังคารอีกครั้งหนึ่งและได้ส่งภาพถ่ายรวมถึงข้อมูลต่าง ๆ กลับมานอกจากนี้องค์การอวกาศนาซายังได้ส่งยานมาร์สโกลบอลเซอร์เวเยอร์ (Mars Global Surveyor) ไปโคจรรอบ ๆ ดาวอังคาร ได้ส่งภาพถ่ายต่าง ๆ ซึ่งแสดงร่องรอยว่าครั้งหนึ่งในอดีต ดาวอังคารเคยมีน้ำในสภาพที่เป็นของเหลวไหลอยู่บนผิวดาวเคราะห์ ยานโกลบอลเซอร์เวเยอร์ยังได้ส่งภาพภูเขาไฟโอลิมปัส มอนส์ (Olympus Mons) ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ มีความสูงถึง 25 กิโลเมตร ฐานของภูเขาไฟลูกนี้มี

ความกว้างถึง 600 กิโลเมตรเลยทีเดียว ยานโกลบอลเซอร์เวเยอร์ยังพบร่องรอยของสนามแม่เหล็กเบาบางที่เกิดจากเปลือกของดาวเคราะห์แต่ไม่พบสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแกนกลางหลอมเหลวเช่นในกรณีของโลก

ดาวอังคารมีดวงจันทร์เป็นบริวาร 2 ดวงได้แก่โฟบอส (Phobos) และไดมอส (Deimos) ซึ่งเป็นดวงจันทร์ขนาดเล็ก คาดว่าบริวารทั้งสองนี้ครั้งหนึ่งเคยเป็นดาวเคราะห์น้อยที่โคจรเข้ามาใกล้ดาวอังคารจนถูกแรงโน้มถ่วงของดาวอังคารดึงไว้

เนื่องจากทุก ๆ 26 เดือนดาวอังคารจะโคจรเข้ามาใกล้โลกดังนั้นเป็นช่วงเวลาเหมาะสมที่จะส่งยานไปสำรวจดาวเคราะห์ดวงนี้และในอนาคตอันใกล้ยานอวกาศขององค์การอวกาศนาซาหลายลำก็จะถูกส่งไป ซึ่งรวมถึงการส่งรถโรเวอร์ซึ่งจะสามารถวิ่งไปสำรวจครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าที่เคย นอกจากนี้ยังจะมียานที่ถูกส่งลงจอดเพื่อเก็บดินและหินตัวอย่างส่งกลับมาศึกษาในห้องปฏิบัติการบนโลกได้ต่อไป

บทความพิเศษใบหน้าคนบนดาวอังคาร



ภาพภูมิประเทศบริเวณที่ราบไซโดเนียร์ จะเห็นใบหน้าคน (มุมล่างขวา)

คล้ายกับบริเวณที่ก่อสร้างพีระมิดแห่งกีซ่า

ใบหน้าบนดาวอังคารยังไม่จบ ทำไมบางคนยังเชื่อว่าภูเขาหน้าคนบนดาวอังคารเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้น ?

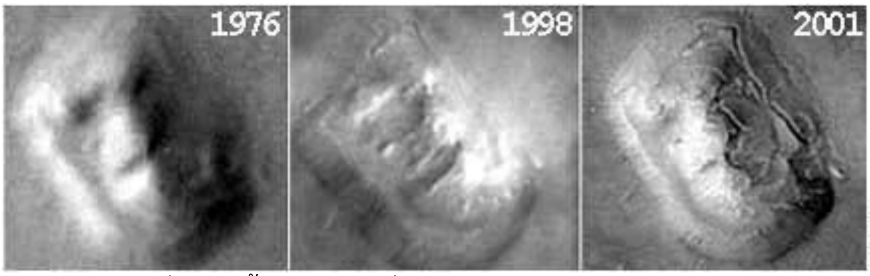
หัวข้อข่าวของบีบีซีเมื่อเดือน พฤษภาคม 1998 ได้ถูกนำมาเผยแพร่อีกครั้งหนึ่งพร้อมกับรายงานใหม่ บนหัวข้อเรื่อง ด้วยความสัตย์ไม่มีใบหน้าบนดาวอังคาร ทันทีหลังจากนาซ่าเผยภาพถ่ายภูเขาหน้าคนบน ดาวอังคารล่าสุด ที่ถ่ายโดยยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ เมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2001 ภาพที่นาซ่ามั่นใจว่าจะยุติความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์ ส่วนหนึ่งว่าภูเขาหน้าคนเป็นประติมากรรม ของชาวอังคารโบราณลงได้อย่างสิ้นเชิง เพราะภาพที่คมชัดภาพนี้แสดงให้เห็นว่ามันเป็นภูเขาธรรมดาๆ ที่ถูกกัดกร่อนโดยกระแสลม และการแตกของพื้นผิวเมื่อมองจากท้องฟ้า ทำให้ดูคล้ายภาพหน้าคนเท่านั้นเอง

วันที่ 24 พฤษภาคม 2001ช่างเป็นวันที่น่าเศร้าของนักทฤษฎี conspiracy ทั้งหลาย เมื่อนาซ่าเผยแพร่ภาพถ่ายภูเขาหน้าคนบนดาวอังคารที่ชัดเจนที่สุด อามีร์ อเลกซานเดอร์ ขึ้นต้นเหมือนกับเย้ยกันในงานเขียนเรื่อง ภาพใหม่ที่คมชัดลบล้างความเชื่อใบหน้าคนบนดาวอังคารในเวปไซต์ ซึ่งคล้ายกับบทสรุปของ บีบีซี โดย เดวิด ไวท์เฮาส์เมื่อ ปี 1998 ว่า น่าเศร้าที่ไม่มีหลักฐานของสิ่งมีชีวิต ที่ศิวิไลซ์ยุคโบราณ ท่ามกลางภูเขาที่แตกกระจายและเนินทรายแห่งนี้ หลังจากวิเคราะห์ภาพภูเขาหน้าคน ที่ถ่ายโดยยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ ในปี 1998 สมมติฐานของนักทฤษฎี Conspiracy ได้ถูกลบล้างไปแล้ว ด้วยภาพที่คมชัดล่าสุดนี้ หรือว่ามันเป็นเพียงแค่ฉากหนึ่งของ Conspiracy Theory เท่านั้น

นักดาราศาสตร์เกือบทั้งหมดเห็นว่ามันจบลงแล้ว สำหรับใครที่ยังคงเชื่อว่ามันเป็นใบหน้าคนที่สร้างโดยชาวอังคารแล้วละก็ นาซ่าอยากที่จะบอกว่า โปรดดูภาพนี้ บีบีซี ขึ้นต้นรายงานข่าวเหมือนบทสรุป ไม่ต้องสงสัยเลย ดาวอังคาร

ยังคงมีความลึกลับและความประหลาดอยู่ แต่ภูเขาหน้าคน ไม่ใช่หนึ่งในนั้น อเลกซานเดอร์กล่าวเหมือนกับบอกว่าใครที่ยังเชื่ออยู่ละก็จงเลิกเชื่อเสียเถอะ

เมื่อ 25 ปีก่อน ยานไวกิ้ง 1 โคจรเหนือบริเวณที่เรียกว่าไซโดเนียร์ในระดับความสูง 1,400 กิโลเมตร และถ่ายภาพพื้นผิวเพื่อหาตำแหน่งลงจอด ของยานแลนเดอร์ ซึ่งเป็นยานลูกของยานไวกิ้ง 2 ภาพที่ยานไวกิ้ง 1 ถ่ายได้เป็นภาพพื้นผิวดาวอังคารที่มีกลุ่มของภูเขาหลายลูก สองลูกมีรูปทรงคล้ายพีระมิด ห่างออกไปจากจุดบริเวณนั้นไม่ไกล ปรากฏภาพภูเขาที่เหมือนใบหน้าคน เห็นดวงตา ปาก และจมูก ภาพนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์พิศวงงงงวยกันมาก นักวิทยาศาสตร์จำนวนไม่น้อยตั้งสมมุติฐานว่า มันอาจจะเป็นสิ่งก่อสร้างที่คล้ายคลึงกับใบหน้าสฟิงซ์ หน้ามหาพีระมิดแห่งกีซาในอียิปต์ และภาพพีระมิดนั้นก็คล้ายกับพีระมิดแห่งกีซ่า





ภาพใบหน้าคนที่ยานไวกิ้ง 1 ถ่ายไว้ เมื่อปี 1976
เทียบกับภาพที่ได้จากยาน ยานมาร์ส โกลบอลเซอร์เวเยอร์

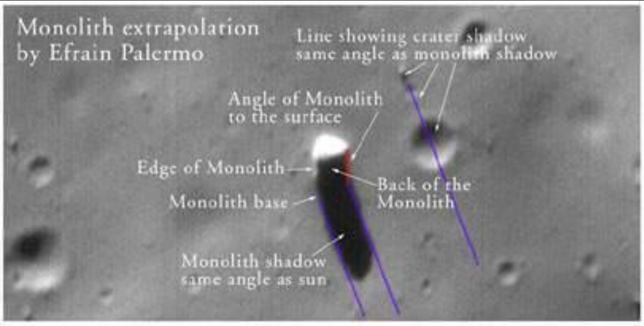
ถ้าเป็นเช่นนั้นจริงนั่นหมายถึงว่า ดาวอังคารเคยมีมนุษย์ดาวอังคารอาศัยอยู่และเป็นผู้สร้างภูเขาหน้าคนนี้ และยังมีความเชื่อมโยงกับการสร้าง พีระมิดแห่งกีซ่าด้วย ริชาร์ด ฮอคแลนด์ ผู้เชี่ยวชาญการศึกษาดาวอังคาร เป็นคนที่เด่นที่สุดในการนำเสนอสมมติฐานนี้ แต่นาซ่าอธิบายว่า ภาพภูเขาหน้าคนนี้เกิดจากการลวงตาของแสงและเงามืด จริงๆแล้วมันเป็นที่ราบสูงธรรมดานี่เอง การโต้เถียงกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์สองกลุ่ม มีมาตลอด 25 ปี ต่างฝ่ายต่างยกเหตุผลมาสนับสนุนทฤษฎีของตนจน กลายเป็นการโต้เถียงที่ยาวนานในวงการดาราศาสตร์ของศตวรรษเลยทีเดียว

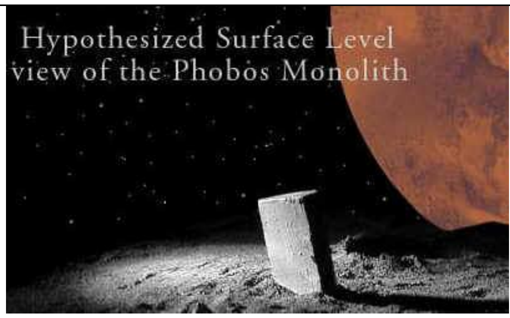
ภาพใบหน้าคนที่ทำให้นาซ่าถูกกล่าวหาจากนักวิทยาศาสตร์จำนวนไม่น้อยว่า จงใจปกปิดข้อมูลของดาวอังคาร และการชี้แจงยังไม่มีเหตุผลที่รับฟังได้ นาซ่าเองก็ไม่สบายใจนัก เมื่อเรื่องนี้ขยายวงไปสู่สาธารณะและกลายเป็นประเด็นทางการเมือง เมื่อเรื่องนี้ถูกจับไปผูกเข้ากับการหายสาบสูญของยานมาร์ส ออฟเซอร์ฟเวอร์ และ ยานมาร์ส โพลา แลนเดอร์ แน่นอนประชาชนผู้เสียภาษีย่อมไม่พอใจ นั่นหมายถึงงบประมาณของนาซ่าอาจถูกตัดลง แม้ว่าด้อกเตอร์ไมเคิล มาลิน หัวหน้าโครงการมาร์ส โกลบอลเซอร์เวเยอร์ พูดไว้ว่า ไม่มีใครในชุมชนวิทยาศาสตร์ใส่ใจกับภาพภูเขา ที่เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาตินี้หรอก และว่าเขาจะเชื่อว่ามันเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นก็ต่อเมื่อเห็นเฟอร์นิเจอร์วางอยู่เสียก่อนก็ตาม แต่ทางออกทางเดียวก็คือต้องถ่ายภาพภูเขาหน้าคนที่คมชัดมาให้เห็นกันเท่านั้น

ปี คศ 1998 โอกาสของนาซ่าก็มาถึง ยานมาร์ส โกลบอลเซอร์เวเยอร์ ได้ถ่ายภาพภูเขาหน้าคนด้วยกล้องที่มีความคมชัดกว่ากล้องของยานไวกิ้งถึง 10 เท่า แต่ภาพที่ถ่ายได้ไม่มีร่องรอยของใบหน้าคนเหมือนภาพจากยานไว้กิ้ง 1 พื้นผิวค่อนข้างจะแบนราบ ซึ่งเป็นความแตกต่าง จากภาพจากยานไวกิ้งมากทีเดียว ภาพนี้จึงยังไม่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์เพราะความแตกต่างมากจนเกินไปซึ่งไม่น่าจะเป็นไปได้ เรื่องนี้นาซ่ามายอมรับในภายหลังว่าเป็นเพราะทัศนวิสัยในฤดูหนาว ซึ่งมีเมฆปกคลุม ภาพนี้จึงไม่ชัดเจน ทั้งๆที่ก่อนหน้านี้นาซ่าพยายามแสดงว่าภาพนี้โอเคแล้ว

ในปีเดียวกันนั้นเองยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ได้ถ่ายภาพดวงจันทร์โฟบอสของดาวอังคาร มีภาพหนึ่ง ซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์หลายคนประหลาดใจ นั่นคือภาพแท่งหิน[Monolith] บนพื้นผิวดวงจันทร์โฟบอส ดวงจันทร์ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นดาวเคราะห์น้อย ที่ถูกแรงดึงดูดของดาวอังคารดึงเข้ามาเป็นบริวาร ก่อนหน้านี้ภาพถ่ายพื้นผิวดวงจันทร์โฟบอ

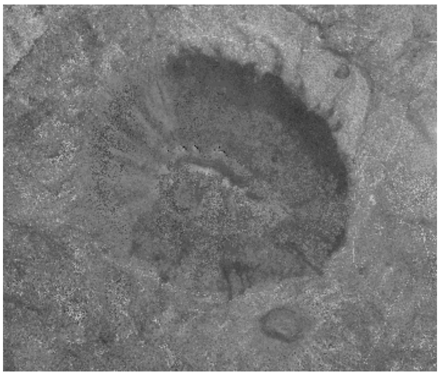
สจากยานโฟบอส 2 ของรัสเซีย แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นผิวของโฟบอสเป็นรูและหลุมอุกกาบาตอยู่ทั่วไป ไม่มีพื้นผิวส่วนใดที่มีลักษณะทางธรณีที่ผิดแผกแตกต่างออกไป ดังนั้นเมื่อนักวิทยาศาสตร์พบว่า มีแท่งหินปรากฏอยู่บนพื้นผิวโฟบอสจากภาพถ่ายของยาน มาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ จึงเป็นเรื่องที่สร้างความประหลาดใจมากทีเดียว เงาของแท่งหินในภาพแสดงว่าแท่งหินนี้สูงไม่น้อย





นักวิทยาศาสตร์หลายคนตั้งสมมติฐานว่ามันเป็นไปได้ที่แท่งหินนี้ไม่ได้ถูกธรรมชาติเสกสรรค์ปั้นแต่ง แต่เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้น แน่นอนภาพลักษณะนี้น่าซ่ามักจะทำเป็นไม่ใส่ใจ ดังนั้นภาพนี้จึงไม่ได้รับการให้ความสำคัญ เช่นเดียวกับภาพใบหน้าคนบนดาวอังคาร ซึ่งนาซ่าไม่ได้ให้ความสำคัญมาตั้งแต่แรก แม้ว่าจะพูดในภายหลังทำนองว่า ภาพใบหน้าหน้าคนช่วยทำให้ผู้คนสนใจการสำรวจดาวอังคารมากขึ้นก็ตาม และนาซ่าอ้างว่าได้พยายามถ่ายภาพภูเขาหน้าคนอย่างมาก แต่ยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ ไม่ค่อยมีโอกาสผ่านจุดนี้บ่อยนัก แต่ในความเป็นจริงแล้วเป็นเรื่องที่นาซ่าถูกกดดันจากนักวิทยาศาสตร์บางกลุ่มให้ใส่ใจมากกว่า แท่งหินประหลาดบนดวงจันทร์โฟบอส เป็นเหตุผลหนึ่งที่จูงใจนักวิทยาศาสตร์ที่ติดตามศึกษาภาพภูเขาใบหน้าคน เชื่อว่ามันมีความเป็นไปได้ว่า บนดาวอังคารมีสิ่งก่อสร้างจากอารยธรรมของชาวอังคารในอดีตและ ภูเขาหน้าคนและพีระมิดบริเวณไซโดเนียร์เป็นหนึ่งในสิ่งก่อสร้างที่ชัดเจนที่สุด นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้พยายามเสนอทฤษฎีที่อธิบายเรื่องนี้มาเป็นระยะๆ ขณะที่นาซ่ารอโอกาสให้ยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ ถ่ายภาพเพื่อไขปริศนาให้กระจ่างไปเสียที

เดือนพฤษภาคม 2001 ซึ่งเป็นฤดูร้อน มีทัศนวิสัยดีที่สุด ยานมาร์ส โกลบอล เซอร์เวย์เยอร์ ได้ถ่ายภูเขาหน้าคนอีกครั้งหนึ่ง ภาพที่ถ่ายได้เป็นภาพที่คมชัดมาก จนทีมงานของโครงการมาร์ส โกลบอลเซอร์เวเยอร์ กล่าวว่าเป็นภาพที่ชัดที่สุดในบรรดาภาพทั้งหมดที่ถ่ายโดยยานมาร์ส โกลบอลเซอร์เวเยอร์ เลยทีเดียว นาซ่าได้เผยแพร่ภาพนี้พร้อมข้อเขียนอธิบายด้วยความมั่นใจว่ามันเป็นแค่ที่ราบสูงธรรมดาๆ เวปไซต์ดาราศาสตร์ดังๆรวมทั้งซีเอ็นเอ็นและบีบีซี ต่างลงข่าวไปในแนวเดียวกับความเห็นของนาซ่า จิม การ์วิน หัวหน้านักวิทยาศาสตร์ของ มาร์ส เอ็กพลอเรชั่นโปรแกรม ชี้ว่ามันเป็นที่ราบสูงธรรมดาๆ เหมือนกับในอเมริกาตะวันตกบริเวณบริเวณ Snake River Plain ในรัฐไอดาโฮที่เรียกว่า Butte "มันทำให้ผมนึกถึง Middle Butte บริเวณ Snake River Plain ของไอดาโฮ" การ์วินกล่าว ที่นั่นลาวาโดมทำให้เกิดที่ราบสูง ซึ่งมันสูงพอๆกับใบหน้าบนดาวอังคาร คำพูดของการ์วิน เหมือนกับการประกาศชัยชนะต่อนักทฤษฎี conpriracy แต่มันกลับเป็นการลั่นกลองรบอีกครั้งหนึ่ง เมื่อแลนด์ เฟลมมิง ผู้เชี่ยวชาญการศึกษาดาวอังคารนำภาพ Middle Butte มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับภาพใบหน้าคนบนดาวอังคาร ประเด็นหลักที่เฟลมมิงชี้ให้เห็นก็คือ Symmetry ของภูเขาหน้าคนบนดาวอังคารว่ามันยากที่จะอธิบายว่าเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติและมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับ Middle Butte



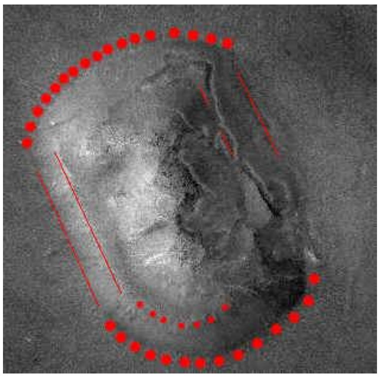
Middle Butte



Snake River Plain



Emerald Mound

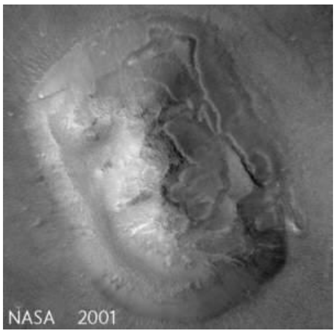


กล่าวคือขอบด้านข้างของภูเขาหน้าคนทั้งสองด้านซึ่งแสดงโดยเส้นตรงสีแดงมัน Parallel กันและมีระยะทางเป็นพันเมตร จุดแดงแสดงถึงส่วนโค้งที่สม่ำเสมอไม่มีบิดเบี้ยว เฟลมมิงบอกว่าหากภูเขาหน้าคนเกิดจากภูเขาไฟอย่างที่นักวิทยาศาสตร์เชื่อกัน เขาก็มีคำถามว่าหินที่ถูกหลอมละลายซึ่งเคลื่อนที่ออกไปนั้นก่อรูปอย่างนั้นได้อย่างไร ในขณะที่ Middle Butte ไม่เป็นเช่นนั้น เฟลมมิง ยังได้ยกตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่าง Emerald Mound เนินเขาซึ่งสร้างโดยชาวอินเดียนแดงในบริเวณตอนกลางของเทนเนสซี ภูเขาหน้าคนบนดาวอังคาร และ Brandenburg ในนามิเบีย แอฟริกา

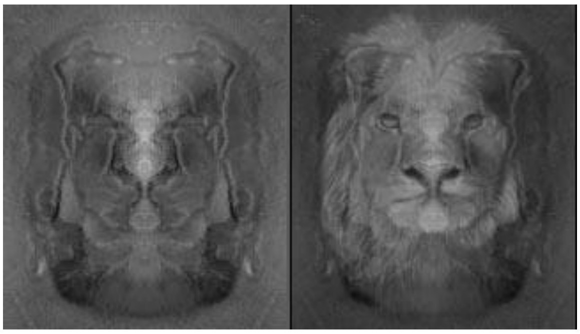
Brandenburg เป็นรูปแบบทางธรณีที่เกิดจากหินละลายออกไปทุกทิศทางเป็นรูปไข่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ไมล์ ใหญ่กว่าภูเขาหน้าคนประมาณ 10 เท่า แต่โครงสร้างขอบเส้นรอบวง ไม่มีความสมดุลย์และขอบของมันบิดเบี้ยวเป็นร้อยๆเมตร ขณะที่ขอบของภูเขาหน้าคนบิดเบี้ยวไม่เกิน 2 เมตร ส่วน Emerald Mound มีบริเวณขอบด้านบนซ้ายลาดลงคล้ายกับภูเขาหน้าคนบนดาวอังคาร แต่ Brandenburg ไม่มีลักษณะเช่นนี้

อย่างไรก็ดีเฟลมมิงไม่ได้สรุปว่าภูเขาหน้าคนเป็นประติมากรรมที่ถูกสร้างขึ้น เพียงแต่โต้แย้งนักวิทยาศาสตร์ที่ยกเอาภาพภูเขาหน้าคน มาเปรียบเทียบกับMiddle Butte ว่าเหมือนกันเท่านั้นและต้องการให้นักวิทยาศาสตร์ของนาซ่าหาคำอธิบายที่ดีกว่านี้ และจนถึงวันนี้ ก็ยังไม่มีข้อโต้แย้งจากนาซ่า ก่อนหน้านี้มีนักวิทยาศาสตร์หลายคนชี้ให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ว่าภูเขาหน้าคนเป็นโครงร่างใบหน้าคนจริงๆ แต่รายละเอียดบนใบหน้าคือ ปาก จมูก ตา ถูกกระแสลมกัดกร่อนจนพังทลายไม่เหลือไว้ให้เห็นอีก ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ การกัดกร่อนสฟิงซ์ และพีระมิดกีซา ของกระแสลม เพียงแต่ภูเขาหน้าคนบนดาวอังคารมีอายุมากกว่าสฟิงซ์และพีระมิดหลายสิบเท่า ดังนั้นมันจึงไม่เหลือร่องรอยไว้ให้เห็น

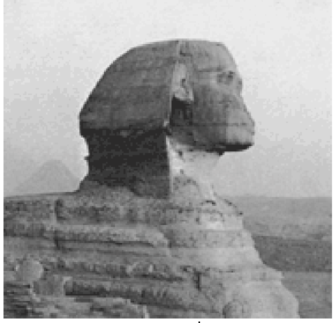
นักวิทยาศาสตร์ที่เป็นเจ้าของทฤษฎีใบหน้าบนดาวอังคารคือ ริชาร์ด ฮอคแลนด์ เขาวิเคราะห์ภาพใหม่สุดของนาซ่าแล้วยังยืนยันว่า มันเป็นประติมากรรมที่ถูกสร้างขึ้น ก่อนหน้านี้ฮอคแลนด์เคยชี้ว่าภาพใบหน้าบนดาวอังคารเป็นใบหน้าของสิงโต ไม่ใช่หน้าคน



ภาพล่าสุดจากนาซ่า

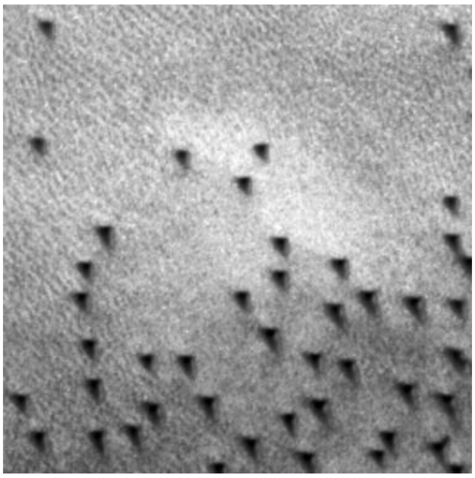


ภาพหน้าสิงโต ของฮอคแลนด์ จากคอมพิวเตอร์

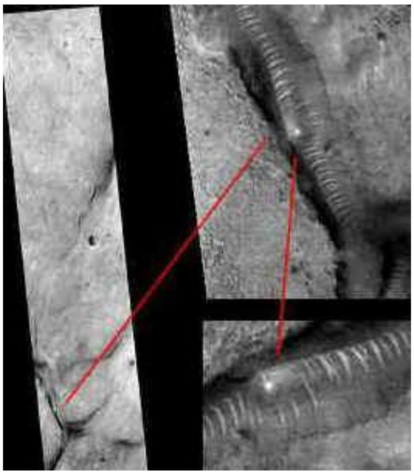


ในหน้าสฟิงซ์ที่ซีกกร่อน

เมื่อเขาใช้คอมพิวเตอร์สามมิติทดสอบใบหน้าสฟิงซ์และใบหน้าบนดาวอังคาร ฮอคแลนด์สรุปว่ามันมีโครงร่างที่คล้ายคลึงกัน และทฤษฎีของฮอคแลนด์ชี้ว่า สิ่งก่อสร้างบริเวณไซโดเนียร์มันเป็นแปลนเดียวกันกับบริเวณกีซ่า ในอียิปต์ อย่างไรก็ดีภาพใบหน้าบนดาวอังคารล่าสุด ซึ่งไม่ปรากฏ จมูก ปาก และ ตา เหมือนภาพจากยานไวกิ้ง 1 คงเป็นเรื่องยากที่จะจูงใจคนทั่วไปให้เชื่อว่า ครั้งหนึ่งมันเป็นภูเขาหน้าคนหรือสิงโต ที่ถูกสร้างขึ้น อย่างไรก็ดีประเด็น Symmetry ของที่ราบสูงของนาซ่าแห่งนี้เป็นเรื่องน่าคิด ดาวอังคารมีลักษณะทางธรณีที่ประหลาดหลายแห่ง เช่น สุสานหิน และตัวหนอนในรอยแตกของพื้นผิว ซึ่งคำอธิบายของนักธรณีวิทยายังไม่เป็นที่ยอมรับทั่วไป



สุสานหินบนดาวอังคาร



ท่อตัวหนอนในรอยแตกของผิวดาวอังคาร

ใบหน้าบนดาวอังคารก็ยังต้องหาคำอธิบายที่ดีกว่านี้อย่างที่เฟลมมิงว่าไว้ เพราะฉะนั้น มันคงยังไม่จบ อย่างที่นาซ่าอยากให้จบ

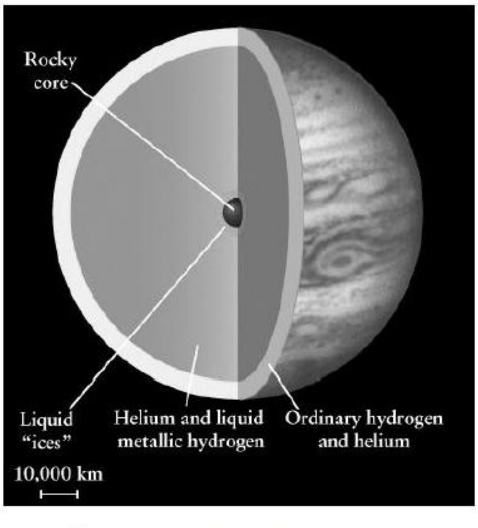
ดาวพฤหัสบดี



ภาพที่ 3-14 ภาพถ่ายดาวพฤหัสบดีโดยกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล

ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะและเป็นดาวเคราะห์ที่สว่างเป็นลำดับที่ 2 รองจากดาวศุกร์เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจากโลก ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่เป็นแก๊สไม่มีพื้นผิวที่เป็นหินแข็งเหมือนดาวเคราะห์วงในเช่นโลกหรือดาวอังคาร เมื่อสังเกตโดยใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กจากโลก จะเห็นแถบเมฆบนตัวดาวเคราะห์รวมถึงจุดแดงใหญ่ (The Great Red Spot) และดวงจันทร์บริวารขนาดใหญ่ทั้ง 4 ดวงได้แก่ ไอโอ (Io) ยูโรปา (Europa) แกนีมีด (Ganymede) และ คัลลิสโต (Callisto)

ดาวพฤหัสบดีโคจรรอบดวงอาทิตย์ในเวลาประมาณ 12 ปีและมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 5 หน่วยดาราศาสตร์ ดาวพฤหัสบดีมีมวล 318 เท่าของโลก เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เท่าของโลกและมีจำนวนดวงจันทร์ที่ถูกค้นพบแล้วไม่ต่ำกว่า 16 ดวง ดาวพฤหัสบดียังมีวงแหวนขนาดเล็กไม่สามารถเห็นได้จากโลกแต่ถูกค้นพบด้วยยานอวกาศวอยาเจอร์ 1 (Voyager 1) ในปี ค.ศ. 1979 ดาวพฤหัสบดีเป็นดาวเคราะห์ที่หมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วสูงในเวลาเพียงแค่ประมาณ 10 ชั่วโมงเท่านั้น

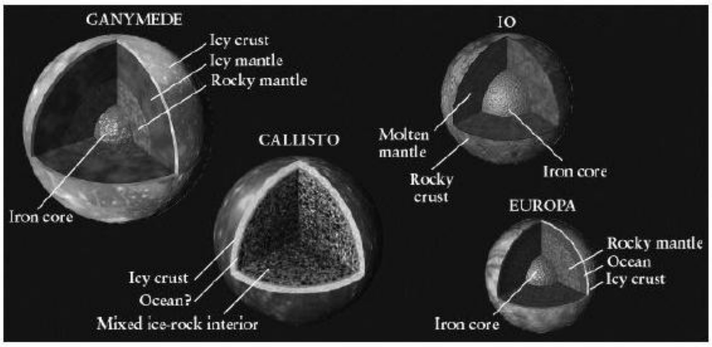


ภาพที่ 3-15 โครงสร้างภายในของดาวพฤหัสบดี

ดาวพฤหัสบดีมีองค์ประกอบเป็นแก๊สที่คล้ายคลึงกับดวงอาทิตย์ ได้แก่ไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกันถึงกว่า 99% ของแก๊สทั้งหมดอย่างไรก็ดีดาวพฤหัสบดีมีมวลและแรงโน้มถ่วงไม่เพียงพอที่จะเกิดความดันและอุณหภูมิสูงจนปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันเกิดขึ้นได้ โดยใจกลางของดาวพฤหัสบดีนี้มีอุณหภูมิสูงเพียง 13,000 ถึง 15,000 เคลวินและมีความดันสูงประมาณ 100 ล้านเท่าของความดันบรรยากาศโลกที่ระดับน้ำทะเล เนื่องจากแรงโน้มถ่วงมหาศาลอัดตัวดาวเคราะห์ไว้ มีหลักฐานจากยานอวกาศที่ไปสำรวจว่า ดาวพฤหัสบดีมีแกนกลางที่เป็นเหล็กและหินที่มีมวลประมาณ 20 เท่าของมวลโลก แกนกลางนี้เป็นสาเหตุของสนามแม่เหล็กความเข้มสูงของดาวเคราะห์ดวงนี้

บนแถบเมฆของดาวพฤหัสบดีมีลักษณะของการเกิดพายุที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อย่างไรก็ดีจุดแดงใหญ่ซึ่งเป็นพายุหมุนที่มีขนาดใหญ่กว่าโลกทั้งโลกนี้เป็นที่รู้จักกันมากว่า 300 ปี แล้วตั้งแต่มนุษย์เริ่มใช้กล้องโทรทรรศน์ แรงโคริโอลิส (Coriolis force) เป็นสาเหตุของพายุหมุนบนดาวพฤหัสบดี องค์การอวกาศนาซาส่งยานอวกาศไพโอเนียร์ (Pioneer) 10 และ 11 ไปโคจรผ่านดาวเคราะห์ดวงนี้ในปี ค.ศ. 1973 และ 1974 ตามลำดับ อย่างไรก็ดีภาพถ่ายและข้อมูลต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นเกิดเมื่อยานวอยาเจอร์ 1 และ 2 ได้โคจรผ่านดาวพฤหัสบดีในปี ค.ศ. 1979 และได้ส่งภาพถ่ายนับร้อยภาพของดาวพฤหัสบดีและดวงจันทร์บริวารหลายดวงรวมถึงข้อมูลต่าง ๆ กลับมา ในปี ค.ศ. 1995 องค์การอวกาศนาซาได้ส่งยานกาลิเลโอไปโคจรรอบดาวพฤหัสบดี และนับถึงปัจจุบันได้ส่งภาพถ่ายและข้อมูลมากมายกลับมาให้เราได้ศึกษา

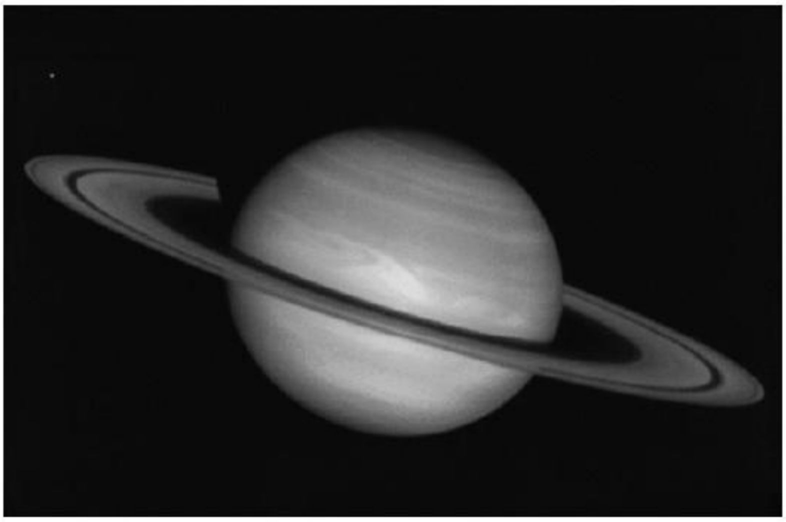
ดวงจันทร์ขนาดใหญ่ทั้ง 4 ดวงมีความน่าสนใจและแตกต่างกันมาก ดวงจันทร์ไอโอมีผิวที่เป็นกำมะถันและมีการเกิดภูเขาไฟกำมะถันระเบิดอยู่เป็นครั้งคราว ซึ่งเป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงมหาศาลของดาวพฤหัสบดีที่มีต่อดวงจันทร์ไอโอ ภาพถ่ายจากยานวอยาเจอร์และกาลิเลโอพบว่าดวงจันทร์ยูโรปามีน้ำแข็งปกคลุมทั่วดวงและเป็นไปได้ว่าภายใต้น้ำแข็งนั้นจะมีน้ำที่อยู่ในสถานะของเหลวคงอยู่ ดวงจันทร์แกนีมีดเป็นดวงจันทร์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะและใหญ่กว่าดาวพุธเสียอีก ดวงจันทร์คัลลิสโตเป็นดวงจันทร์บริวารที่มีร่องรอยของหลุมอุกกาบาตมากมายรวมถึงมีร่องรอยของน้ำแข็งด้วย



ภาพที่ 3-16 ภาพแสดงขนาดเปรียบเทียบและโครงสร้างภายในของดวงจันทร์ขนาดใหญ่ทั้ง 4 ดวงของดาวพฤหัสบดี

ในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1994 ดาวหางชูเมกเกอร์-เลวี 9 (Shoemaker-Levy 9) ซึ่งได้แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยก่อนหน้านั้น ได้พุ่งเข้าชนดาวพฤหัสบดีและร่องรอยจากการชนคงอยู่ให้เห็นได้เป็นเวลาหลายเดือนหลังจากการชนนั้น
หน่วยการเรียนที่ 3 ระบบสุริยะ 13

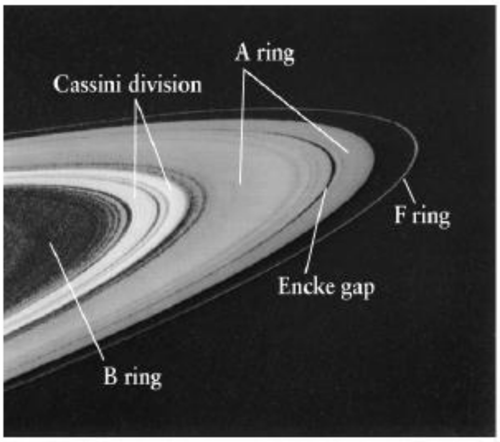
ดาวเสาร์



ภาพที่ 3-17 ภาพถ่ายดาวเสาร์โดยยานวอยาเจอร์ 1

ดาวเสาร์เป็นดาวเคราะห์ที่สวยที่สุดในระบบสุริยะ ความงดงามนี้เกิดจากวงแหวนที่เห็นได้ชัดเจนแม้จะใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กส่องดูจากโลก ดาวเสาร์เป็นดาวเคราะห์ที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าชัดเจนและเป็นที่รู้จักกันดีตั้งแต่อดีต ดาวเสาร์เป็นดาวเคราะห์แก๊สที่ใหญ่เป็นอันดับสองรองจากดาวพฤหัสบดี

ดาวเสาร์โคจรรอบดวงอาทิตย์ในเวลาประมาณ 30 ปี โดยมีระยะห่างเฉลี่ยจากดวงอาทิตย์ประมาณ 9.5 หน่วยดาราศาสตร์ ตัวดาวเคราะห์เองไม่รวมถึงวงแหวนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เท่าของโลกและมวลทั้งหมดของดาวเสาร์มีประมาณ 95 เท่าของโลก ดาวเสาร์มีความแตกต่างจากดาวเคราะห์ดวงอื่นก็คือ มีความหนาแน่นเฉลี่ยเพียงแค่ 0.7 g/cm3 เท่านั้น ซึ่งน้ำกว่าความหนาแน่นของน้ำเสียอีก ดาวเสาร์หมุนรอบตัวเองช้ากว่าดาวพฤหัสบดีเล็กน้อยโดยใช้เวลาเพียงแค่ 10 ชั่วโมง 40 นาที



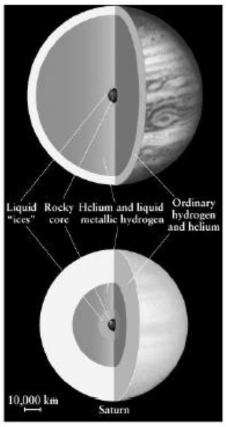
ภาพที่ 3-18 วงแหวนของดาวเสาร์

แม้ว่ากาลิเลโอ (Galileo Galilei) จะเป็นนักดาราศาสตร์คนแรกที่สังเกตเห็นวงแหวนของดาวเสาร์ในปี ค.ศ.1610 อย่างไรก็ดีคุณภาพของกล้องโทรทรรศน์ของกาลิเลโอยังไม่ดีพอที่จะเห็นเป็นวงแหวนที่ชัดเจน นักดาราศาสตร์ชาวฮอลันดาชื่อคริสเตียน ฮอยเกนส์ (Christiaan Huygens) เป็นคนแรกที่ตีพิมพ์บทความที่กล่าวถึงวงแหวนของดาวเสาร์ในปี ค.ศ. 1656 นอกจากนี้ จิโอวานนี คาสสินี (Giovanni Cassini) ได้ค้นพบช่องว่างระหว่างวงแหวนของดาวเสาร์ (Cassini's division) ในปี ค.ศ. 1675

เมื่อครั้งที่ยานวอยาเจอร์ 1 และ 2 โคจรผ่านดาวเสาร์ในปี ค.ศ. 1980 และ 1981 ตามลำดับนั้น ภาพถ่ายของวงแหวนดาวเสาร์แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดต่าง ๆ แท้จริงแล้ววงแหวนดาวเสาร์ประกอบด้วยฝุ่นละอองขนาดเล็กเท่าเม็ด

ทรายไปจนถึงขนาดใหญ่หลาย ๆ กิโลเมตร จำนวนมากมายโคจรอยู่รอบ ๆ ดาวเสาร์ วงแหวนขนาดเล็กจำนวนนับพันซ้อนวงกันจนเห็นเป็นวงใหญ่เมื่อสังเกตจากโลก ตัวดวงดาวเสาร์เองเป็นดาวเคราะห์แก๊สขนาดใหญ่ที่มีองค์ประกอบเป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมรวมกันมากกว่า 99% เช่นเดียวกับดาวพฤหัสบดี อย่างไรก็ดีแถบเมฆบนดาวเสาร์มีสีสันไม่สดใสเท่าทั้งนี้เนื่องจากดาวเสาร์มีอุณหภูมิต่ำกว่าดาวพฤหัสบดีมาก ดาวเสาร์ยังมีแกนกลางที่เป็นเหล็กและหินซึ่งยังคงมีอุณหภูมิสูงกว่า 10,000 เคลวิน แม้ว่าบริเวณผิวดาวเคราะห์จะมีอุณหภูมิต่ำ ความร้อนในแกนกลางดาวเคราะห์นั้นเกิดจากแรงโน้มถ่วงที่อัดตัวดาวเคราะห์ตั้งแต่เริ่มเกิดดาวเคราะห์เอง ดาวเสาร์ยังมีสนามแม่เหล็กแต่มีความเข้มเพียงแค่ 2 ใน 3 ของโลกเท่านั้น

ภาพที่ 3-19 โครงสร้างภายในเปรียบเทียบระหว่างดาวพฤหัสบดีกับดาวเสาร์

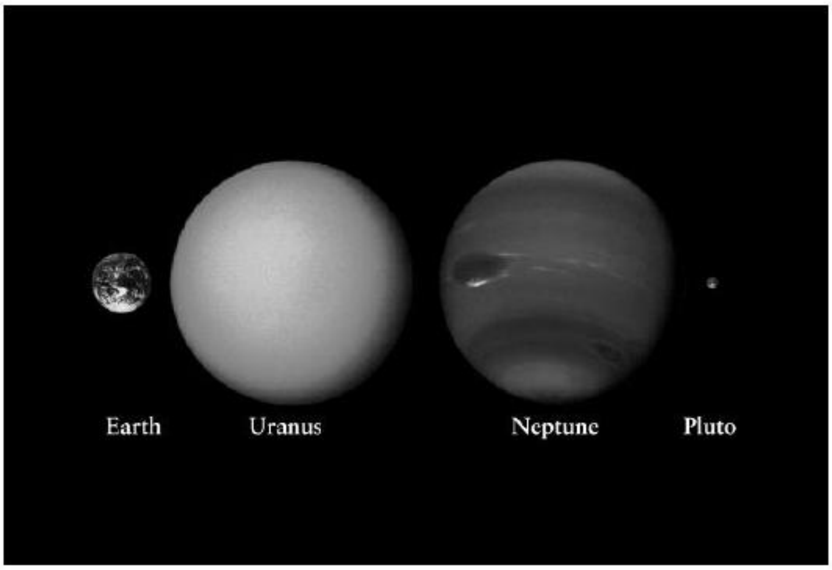




ภาพที่ 3-20 ภาพวาดแสดงยานอวกาศคาสสินีซึ่งจะเข้าสู่วงโคจรรอบดาวเสาร์ในปี ค.ศ.2004

ดวงจันทร์บริวารของดาวเสาร์ถูกค้นพบแล้วกว่า 18 ดวงและมีอย่างน้อย 5 ดวงที่สามารถเห็นได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็กจากโลก ดวงจันทร์ที่ใหญ่ที่สุดได้แก่ไททัน (Titan) ซึ่งเป็นดวงจันทร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าดาวพุธและดาวพลูโต ไททันเป็นดวงจันทร์ที่ใหญ่เป็นอันดับสองในระบบสุริยะรองจากดวงจันทร์แกนีมีดของดาวพฤหัสบดี ไททันมีบรรยากาศหนาแน่นที่ประกอบด้วยแก๊สมีเทน (Methane) เป็นองค์ประกอบหลัก ปัจจุบันยานอวกาศคาสสินีซึ่งองค์การอวกาศนาซาได้ส่งไปสำรวจดาวเสาร์ตั้งแต่ ค.ศ. 1997 กำลังโคจรเข้าใกล้ดาวเสาร์และคาดว่าจะเข้าสู่วงโคจรรอบดาวเสาร์ในปี ค.ศ. 2004 โดยจะใช้เวลา 4 ปีหลังจากนั้นโคจรรอบดาวเสาร์เพื่อถ่ายภาพและใช้อุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ ศึกษารายละเอียดของดาวเสาร์และดวงจันทร์บริวารเพื่อส่งกลับมายังโลก ในเดือนมกราคม 2005 ยานคาสสินีจะส่งยานขนาดเล็กที่ติดไปด้วยชื่อฮอยเกนส์ (สร้างโดยองค์การอวกาศยุโรป) เข้าสู่บรรยากาศของดวงจันทร์ไททันเพื่อศึกษาสภาพบรรยากาศที่ห่อหุ้มดวงจันทร์ไททัน

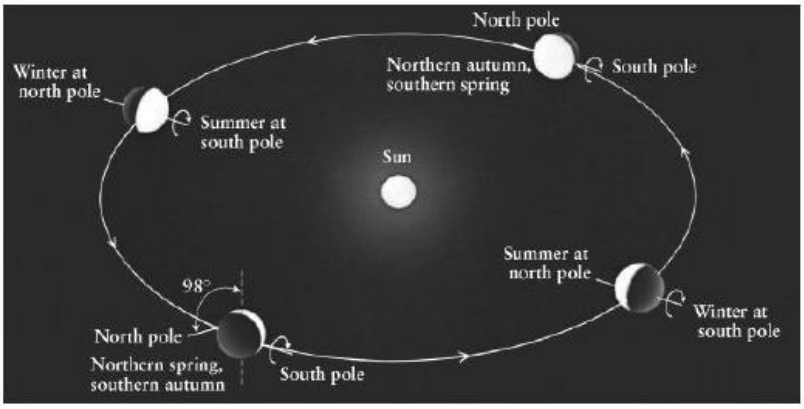
ดาวยูเรนัส



ภาพที่ 3-21 ภาพถ่ายดาวยูเรนัสและเนปจูนโดยยานวอยาเจอร์ 2 เปรียบเทียบกับโลกและดาวพลูโต

ดาวยูเรนัสเป็นดาวเคราะห์ที่ไม่เป็นที่รู้จักกันในสมัยโบราณเนื่องจากดาวเคราะห์ดวงนี้ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน ดาวยูเรนัสถูกค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อเซอร์วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir William Herschel) ในปี ค.ศ. 1781 ดาวยูเรนัสถือได้ว่าเป็นดาวเคราะห์ที่มีความคล้ายคลึงกับดาวเคราะห์ดวงที่อยู่ถัดออกไปได้แก่ดาวเนปจูน เนื่องจากมีขนาดมวลและองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน

ดาวยูเรนัสโคจรรอบดวงอาทิตย์ในเวลา 84 ปี มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50,000 กิโลเมตร และมีมวลประมาณ 15 เท่าของมวลโลก ดาวยูเรนัสมีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สไฮโดรเจนและฮีเลียมเช่นเดียวกับดาวเคราะห์แก๊สดวงอื่น ๆ ในปี ค.ศ.1977 นักดาราศาสตร์ได้ค้นพบวงแหวนของดาวเคราะห์ดวงนี้และนับเป็นดาวเคราะห์ดวงที่สองรองจากดาวเสาร์ที่มีการค้นพบวงแหวนแม้ว่าจะมีความสว่างของวงแหวนน้อยกว่าดาวเสาร์ก็ตาม

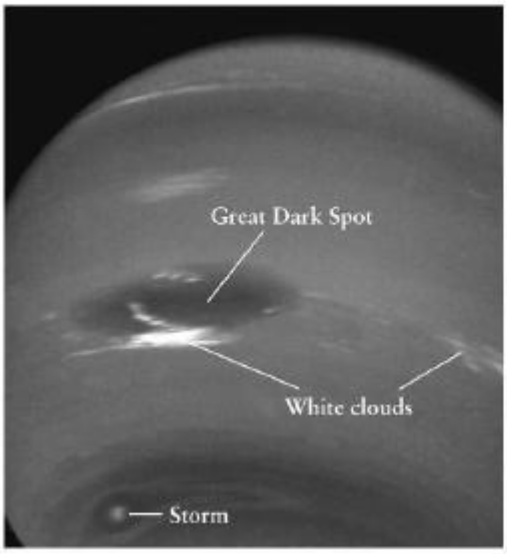


ภาพที่ 3-22 แกนหมุนของดาวยูเรนัสที่เกือบจะอยู่บนระนาบที่ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์มีผลให้ดาวยูเรนัสมีฤดูกาลที่ยาวนานมาก

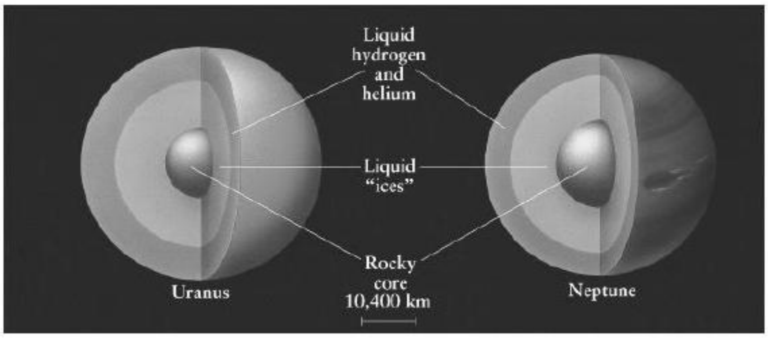
ดาวยูเรนัสมีแกนการหมุนรอบตัวเองเกือบจะอยู่ในระนาบเดียวกันกับ วงโคจรรอบดวงอาทิตย์จึงนับเป็นดาวเคราะห์ที่มีฤดูกาลอันยาวนานมากและในปี ค.ศ.1986 ยานวอยาเจอร์ 2 ได้โคจรเฉียดเข้าใกล้ดาวเคราะห์ดวงนี้ใน

ระยะห่างเพียงแค่ 80,000 กิโลเมตรเท่านั้น ภาพถ่ายจากยานวอยาเจอร์ 2 แสดงให้เห็นถึงดาวเคราะห์ที่เป็นสีเขียวฟ้าราบเรียบไม่เห็นแถบเมฆ หรือพายุเช่นกรณีของดาวพฤหัสบดีและดาวเสาร์ทั้งนี้เนื่องจากดาวยูเรนัสอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มาก มีอุณหภูมิที่ผิวดาวเคราะห์เพียงแค่ 58 เคลวินเท่านั้นและไม่มีร่องรอยของแหล่งก่าเนิดความร้อนจากใจกลางดาวเคราะห์ดังกรณีของดาวเคราะห์แก๊สดวงอื่นๆ นับถึงปัจจุบันมีการค้นพบดวงจันทร์บริวารของดาวยูเรนัสแล้วกว่า 21 ดวง

ดาวเนปจูน



ภาพที่ 3-24 ภาพถ่ายดาวเนปจูน โดยยานวอยาเจอร์ 2



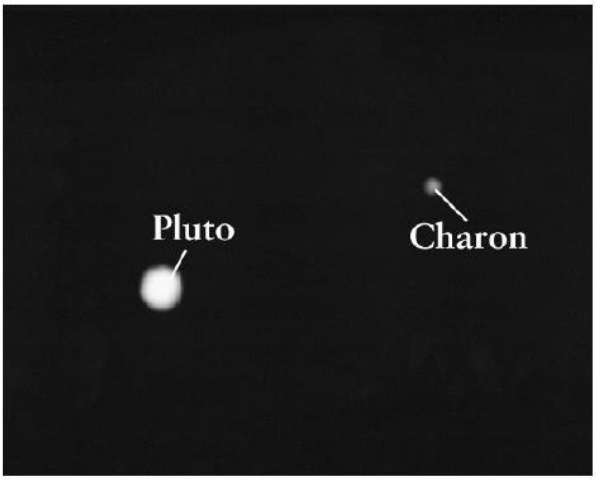
ภาพที่ 3-23 โครงสร้างภายในเปรียบเทียบระหว่างดาวยูเรนัสกับดาวเนปจูน

ดาวเนปจูนเป็นดาวเคราะห์ล่าดับที่แปดจากดวงอาทิตย์ มีขนาดใกล้เคียงกับดาวยูเรนัส แต่มีมวลมากกว่าเล็กน้อย ดาวเนปจูนมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 30 หน่วยดาราศาสตร์และใช้เวลาถึง 165 ปี ในการโคจรรอบดวงอาทิตย์ 1 รอบ การค้นพบดาวเนปจูนโดยนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ จอห์น อดัมส์ (John C. Adams) และนักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ เลอเวริเยร์ (Leverier) ในเวลาใกล้เคียงกันในปี ค.ศ. 1845 นับเป็นการพิสูจน์วิชากลศาสตร์ของ เซอร์ ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) นักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ เนื่องจากมีการใช้ทฤษฎีของนิวตันท่านายว่าน่าจะมีดาวเคราะห์ถัดออกไปจากดาวยูเรนัสและมีแรงกระท่าให้วงโคจรของดาวยูเรนัสเบี่ยงเบนไปเล็กน้อย

ดาวเนปจูนเป็นดาวเคราะห์แก๊สดวงที่อยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มากที่สุด มีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สไฮโครเจนและฮีเลียม เช่นเดียวกับดาวเคราะห์แก๊สดวงอื่น ๆ และน่าจะมีแกนกลางที่เป็นหินและเหล็กเช่นเดียวกัน ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของดาวเนปจูนได้มาจากการส่ารวจของยานวอยาเจอร์ 2 ที่โคจรผ่านดาวเนปจูนในปี ค.ศ. 1989 ภาพถ่ายแสดงให้เห็นถึงแถบเมฆและพายุที่เกิดบนดาวเคราะห์ดวงนี้แม้ว่าดาวเนปจูนจะอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์มากกว่าดาวยูเรนัส ซึ่งเป็น

หลักฐานแสดงว่าภายในดาวเนปจูนเองยังคงมีแหล่งความร้อนที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงหลงเหลืออยู่ ยานวอยาเจอร์ 2 ยังได้ค้นพบวงแหวนอย่างน้อย 3 วง ซึ่งทำให้เราทราบว่าดาวเคราะห์แก๊สขนาดใหญ่ทั้ง 4 ดวงต่างก็มีวงแหวนทั้งสิ้น นับถึงปัจจุบันมีการค้นพบดวงจันทร์บริวารของดาวเนปจูนไม่ต่ำกว่า 8 ดวง

ดาวพลูโต

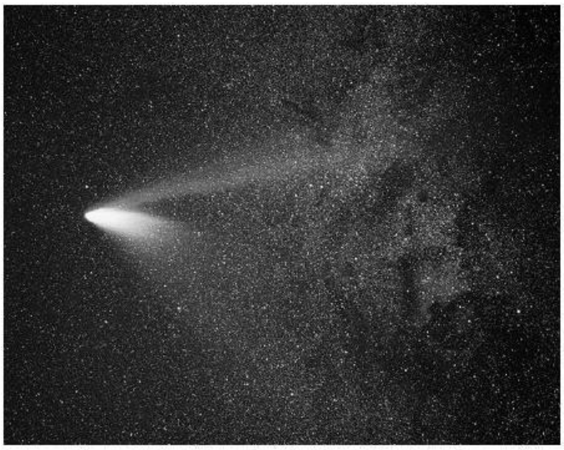


ภาพที่ 3-25 ภาพถ่ายดาวพลูโตและดวงจันทร์ชารอนโดยกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล

ดาวพลูโตนับเป็นดาวเคราะห์ที่มีระยะทางเฉลี่ยจากดวงอาทิตย์ไกลที่สุด ดาวพลูโตถูกค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ชาวอเมริกันชื่อ ไคลด์ ทอมบอห์ (Clyde Tombaugh) ในปี ค.ศ. 1930 ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์ที่มีวงโคจรเป็นวงรีมากและในบางขณะจะมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ใกล้กว่าดาวเนปจูน นักดาราศาสตร์บางกลุ่มไม่จัดดาวพลูโตให้เป็นดาวเคราะห์ทั้งนี้เนื่องจากในเวลาต่อมามีการค้นพบดาวเคราะห์น้อยดวงอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงและอยู่ในวงโคจรเช่นเดียวกับดาวเคราะห์ดวงนี้ อย่างไรก็ดี IAU (International Astronomical Union) ยังจัดให้พลูโตเป็นดาวเคราะห์ลำดับที่ 9 ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์ขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2,300 กิโลเมตรที่เป็นก้อนหินมีขนาดเล็กกว่าดวงจันทร์ของโลก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 3,500 กิโลเมตร) และในปี ค.ศ. 1978 มีการค้นพบว่าดาวพลูโตมีดวงจันทร์บริวาร 1 ดวงชื่อชารอน (Charon) ซึ่งถือว่าเป็นดวงจันทร์ที่มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับตัวดาวเคราะห์เอง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 1,186 กิโลเมตร) จนอาจถือได้ว่าพลูโตและชารอนเป็นระบบดาวเคราะห์คู่

มีการค้นพบว่าดาวพลูโตมีบรรยากาศเบาบางประกอบด้วยแก๊สมีเทนเป็นหลัก ทั้งนี้การที่ดาวพลูโตอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ทำให้มีการศึกษาดาวเคราะห์ดวงนี้ได้ยากและนับถึงปัจจุบันยังไม่เคยมียานอวกาศถูกส่งไปสำรวจดาวพลูโตเลย แม้ว่าในอนาคตอันใกล้นี้องค์การอวกาศนาซามีโครงการที่จะส่งยานอวกาศไปสำรวจดาวพลูโตก็ตาม

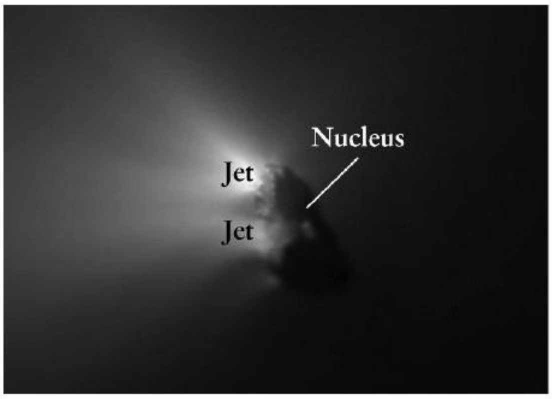
ดาวหาง



ภาพที่ 3-27 ภาพดาวหาง C/1995O1 (Hale-Bopp) ซึ่งมาปรากฏเมื่อ ปี ค.ศ. 1997

เชื่อกันว่าดาวหางเป็นเศษซากที่หลงเหลือจากการเกิดของระบบสุริยะเมื่อหลายพันล้านปีก่อน เหตุผลดังกล่าวมีความเป็นไปได้สูง ทั้งนี้เนื่องจากดาวหาง

เปรียบเสมือนก้อนน้ำแข็งสกปรกประกอบด้วยโมเลกุลที่มีน้ำหนักเบาเช่น น้ำ แอมโมเนีย มีเทน ฝุ่นละออง และอื่น ๆ เกาะกันเป็นก้อนตั้งแต่ขนาดไม่กี่ร้อยเมตรจนถึงหลายสิบกิโลเมตร ก้อนน้ำแข็งสกปรกเหล่านี้มีที่มาจากบริเวณขอบนอกของระบบสุริยะในบริเวณที่เรียกกันกว่ากลุ่มเมฆออร์ต (Oort's cloud) ซึ่งมีอุณหภูมิเย็นจัดเนื่องจากอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ คาดกันว่าในบริเวณดังกล่าวน่าจะมีก้อนน้ำแข็งเหล่านี้ไม่น้ำกว่า 1 พันล้านก้อน และแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในช่วงหลายพันล้านปีที่ผ่านมา เมื่อใดก็ตามที่ถูกแรงรบกวนจากดาวฤกษ์หรือวัตถุขนาดใหญ่ที่เข้ามาใกล้ บางครั้งก้อนน้ำแข็งเหล่านี้ก็จะเปลี่ยนวงโคจรและเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์ เมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์องค์ประกอบต่าง ๆ ของดาวหางก็จะเกิดการระเหิดกลายเป็นแก๊สห่อหุ้มก้อนน้ำแข็ง (nucleus) นี้ไว้และเมื่อได้รับอิทธิพลจากลมสุริยะแก๊สนี้ก็จะถูกพัดออกไปเกิดเป็นหางของดาวหาง ซึ่งอาจมีความยาวได้ถึงหลายล้านกิโลเมตร



ภาพที่ 3-28 ภาพถ่ายนิวเคลียสของดาวหางฮัลเลย์ โดยยานอวกาศจิออตโต ในปี ค.ศ. 1986

นักดาราศาสตร์จัดแบ่งดาวหางออกเป็นสองประเภทตามลักษณะของวงโคจร ได้แก่ ดาวหางที่มีคาบวงโคจรสั้น (short period comets) และดาวหางที่มีคาบวงโคจรยาว (long period comets) หรือบางครั้งก็ไม่มีการโคจรกลับมาอีกเลย วงโคจรของดาวหางอาจถูกเบี่ยงเบนเมื่อโคจรเข้ามาใกล้ดาวเคราะห์โดยเฉพาะอย่างยิ่งดาวพฤหัสบดีซึ่งมีมวลและแรงโน้มถ่วงสูง ดาวหางบางดวงก็มีวงโคจรที่เฉียดดวงอาทิตย์ (Sun grazing comets) หรือบางครั้งก็มีการชนกับดวงอาทิตย์โดยตรง

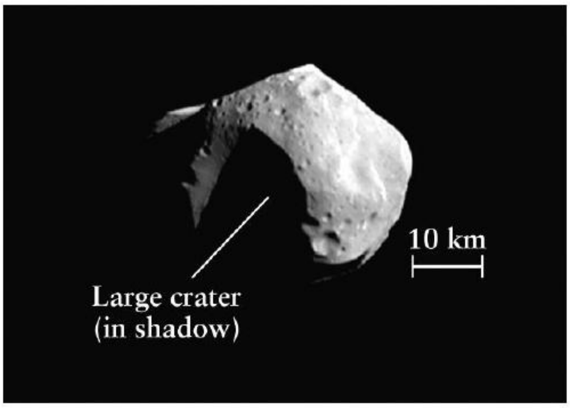
เป็นที่คาดกันว่าในช่วงเริ่มต้นของระบบสุริยะน่าจะมีดาวหางจำนวนมากโคจรเข้ามาในระบบสุริยะด้านใน ดาวหางอาจเป็นที่มาของน้ำทั้งหมดในมหาสมุทรของโลก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่โลกยังคงร้อนระอุน้ำไม่สามารถจะคงอยู่บนโลกได้ ต่อมาเมื่อโลกเย็นตัวลงน้ำก็จะสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการชนของดาวหางซึ่งมีบ่อยครั้งในอดีต การชนของดาว

หางในระยะต่อมาโดยเฉพาะเมื่อมีชีวิตเกิดขึ้นบนโลก ดาวหางอาจเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ เช่น ในกรณีของการสูญพันธ์ของสิ่งมีชีวิตจำนวนมากรวมถึงไดโนเสาร์เมื่อ 65 ล้านปีก่อน

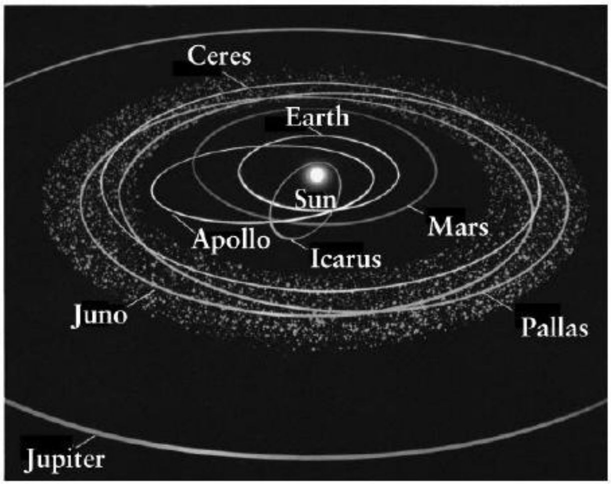
ปัจจุบันมีการค้นพบดาวหางใหม่ ๆ หลายสิบดวงในแต่ละปี อย่างไรก็ดีดาวหางเหล่านี้มักจะมีขนาดเล็กและไม่สว่างพอที่จะเห็นได้ด้วยตาเปล่า นาน ๆ ครั้งจึงจะมีดาวหางที่มีความสว่างหางยาวพาดขอบฟ้ามาปรากฏ ดาวหางที่มีชื่อเสียงมากที่สุดได้แก่ ดาวหางฮัลเลย์ (Halley’s comet) ซึ่งจะโคจรเข้ามาใกล้โลกในทุก ๆ 76 ปี และครั้งต่อไปจะมาใกล้โลกในปี ค.ศ.2061 ดาวหางที่มีชื่อเสียงในระยะเวลา 40 ปีที่ผ่านมา เช่น ดาวหางอิเคยา-เซกิ (Ikeya-Seki) ในปี ค.ศ.1965 ดาวหางเวสต์ (West) ในปี ค.ศ.1976 ดาวหางเฮียกูตาเกะ (Hyagutake) ในปี ค.ศ.1996 และดาวหางเฮล-บอพพ์ (Hale-Bopp) ในปี ค.ศ.1997

ดาวเคราะห์น้อย (Asteroids)

ดาวเคราะห์น้อยก็คือก้อนหินที่มีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 กิโลเมตรจึงถึงหลายร้อยกิโลเมตรที่โคจรเป็นสมาชิกของระบบสุริยะเช่นเดียวกับดาวเคราะห์ทั้ง 9 ดวง ดาวเคราะห์น้อยมีหลายประเภทสามารถจัดแบ่งได้ตามลักษณะของวงโคจร แต่ที่มีมากที่สุดได้แก่ ดาวเคราะห์น้อยที่อยู่ในบริเวณแถบดาวเคราะห์น้อย (asteroid belt) ซึ่งอยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารและดาวพฤหัสบดี ดาวเคราะห์น้อยดวงที่มีขนาดใหญ่ที่สุดได้แก่ ซีรีส (Ceres) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 933 กิโลเมตร ดาวเคราะห์น้อยที่ถูกค้นพบแล้วและมีขนาดใหญ่ที่สุด 20 ดวง ล้วนมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 200 กิโลเมตรทั้งสิ้น



ภาพที่ 3-29 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อย Mathilde โดยยานอวกาศNEAR



ภาพที่ 3-30 วงโคจรของดาวเคราะห์น้อยในแถบดาวเคราะห์น้อย และบริเวณอื่น

บทที่ 6
ดาวฤกษ์ กลุ่มดาวและวัตถุนอกระบบสุริยะ

กลุ่มดาว

ตารางที่ 2.1 รายชื่อกลุ่มดาวมาตรฐาน 88 กลุ่ม

ชื่อละติน	ชื่ออังกฤษ	ชื่อไทย
Andromeda	Andromeda	แอนโดรเมดา
Antlia	Air Pump	เครื่องสูบลม
Apus	Bird of Paradise	นกวายุภักษ์
Aquarius	Water Carrier	คนแบกหม้อน้ำ
Aquila	Eagle	นกอินทรี
Ara	Altar	แท่นบูชา
Aries	Ram	แกะ
Auriga	Charioteer	สารถี
Bootes	Bear Driver , Herdsman	คนเลี้ยงสัตว์
Caelum	Chisel	สิ่ว
Camelopardalis	Giraffe	ยีราฟ
Cancer	Crab	ปู
Canes Venatici	Hunting Dogs	สุนัขล่าเนื้อ
Canis Major	Big Dog	สุนัขใหญ่
Canis Minor	Little Dog	สุนัขเล็ก
Capricornus	Sea Goat	แพะทะเล
Carina	Keel	กระดูกงูเรือ
Cassiopeia	Cassiopeia	แคสสิโอเปีย , (ค้างคาว)
Centaurus	Centaur	ม้าครึ่งคน
Cepheus	Cepheus	เซเฟอุส
Cetus	Whale	เซตุส , ปลาวาฬ
Chamaeleon	Chameleon	กิ้งก่ายักษ์
Circinus	Compasses	เข็มทิศ
Columba	Dove	นกเขา
Coma Berenices	Berenice's Hair	ผมของเบเรนิซ
Corona Australis	Southern Crown	มงกุฎใต้
Corona Borealis	Northern Crown	มงกุฎเหนือ
Corvus	Crow	อีกา
Crater	Cup	ถ้วยแก้ว
Crux	Cross	กางเขนใต้
Cygnus	Swan	หงส์
Delphinus	Dolphin	ปลาโลมา
Dorado	Goldfish , Swordfish	ปลาปากดาบ

Draco	Dragon	มังกร
Equuleus	Foal , Little Horse	ม้าเล็ก
Eridanus	River Eridanus	แม่ฏ้า
Fornax	Furnace	เตาหลอม
Gemini	Twins	คนคู่
Grus	Crane	นกกระเรียน

ดาวไถ

Orion's Belt and Orion Nebula

ดาวสามดวงเรียงกัน เห็นได้ชัดในช่วงฤดูหนาว แทบจะเป็นกลุ่มดาวที่หาง่ายที่สุดบนท้องฟ้า เราเห็นมันจนชินตา แต่เมื่อมองลึกลงไป จะรู้สึกว่ามันไม่ธรรมดาเลยทีเดียว การศึกษาดวงดาวแต่ละดวงในกลุ่มดาวไถ นอกจากจะได้เห็นภาพที่สวยงามมากมายแล้ว มันยังอาจบอกเราถึง การก่อตัวของดวงดาว และการกำเนิดของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวฤกษ์อีกด้วย

ดาวไถในแต่ละชาติแต่ละภาษา อาจเรียกแตกต่างกันไป คนไทยอาจเห็นเป็นไถ อยู่ในกลุ่มดาวเต่า แต่ ชาติตะวันตกเห็นเป็นนายพรานโอไรออน (Orion) ตามตำนานเทพของกรีกโบราณ ส่วนดาวสามดวงเรียงกัน เขาเห็นเป็นเข็มขัดนายพราน ส่วนคันไถนั้นเป็นดาบของโอไรออน

ที่จริงดาวสามดวงเรียงกันนั้น ไม่ได้อยู่ห่างเท่าๆกันเหมือนที่เราเห็น แต่ตำแหน่งที่เรามองจากโลก ทำให้เรามองเห็นว่า แต่ละดวงอยู่ห่างเท่าๆกัน

ถ้าเรามองลึกลงไปในบริเวณดาวดวงแรก(Zeta Orionis) ที่อยู่ตรงมุมของคันไถ จะมีเมฆสีดำ เป็นกลุ่มก๊าซที่รวมตัวกัน จนมากพอจะบังแสงจากเบื้องหลังได้ (Dark Nebula) ถ้าสังเกตให้ดี จะพบว่ามี ลักษณะคล้ายหัวม้าหมากรุก จึงมีชื่อเรียกว่า เนบิวลาหัวม้า(Horsehead Nebula - IC 434)

เนบิวลา(Nebula) แปลว่าหมอกหรือเมฆในภาษาละติน คือฝุ่นหรือก๊าซที่รวมกลุ่มกัน จนดูคล้ายกลุ่มเมฆ เมื่อมองผ่านกล้องโทรทรรศน์

ส่วนที่น่าสนใจที่สุดของดาวไถ อยู่ที่ด้ามจับของไถ หรือคือบริเวณดาบของนายพราน มองดูด้วยตาเปล่าในบริเวณด้ามจับของไถ คุณอาจเห็นเป็นลักษณะคล้าย ดวงดาวที่ต่อกันเป็นพืด แต่ถ้าส่องดูด้วยกล้องโทรทรรศน์ จะพบว่า แต่ละจุดสว่างประกอบไปด้วย ฝ้าจางๆ คล้ายกลุ่มเมฆ กลุ่มที่ใหญ่และสว่างที่สุด มีชื่อเรียกว่า โอไรออน เนบิวลา (Orion Nebula หรือ The great nebula in Orion - เนบิวลาใหญ่ในกลุ่มดาวนายพราน)

ลักษณะฝ้าจางๆของโอไรออนเนบิวลาถูกสังเกตเห็นครั้งแรก โดยนักดาราศาสตร์สมัครเล่น (เป็นทนายชาวฝรั่งเศส) ชื่อ นิโคลัส คล็อด ฟาบรี (Nicolas-Claude Fabri de Peiresc) ผู้ได้รับของขวัญเป็นกล้องโทรทรรศน์จากกาลิเลโอในปีคศ.1610 ในปีเดียวกันนั้นเอง เมื่อเขาส่องดูดวงดาวในกลุ่มดาวไถ เขาก็สังเกตเห็น ลักษณะฝ้าจางๆของ โอไรออนเนบิวลา

โอไรออนเนบิวลา มีลักษณะเป็นกลุ่มเมฆของฝุ่นหรือก๊าซ ที่มีแสงสว่างเรืองรองออกมา (Emission Nebula)ใจกลางของโอไรออนเนบิวลา มองเห็นรายละเอียดไม่ชัดนักจากรูป เนื่องจากมีกลุ่มเมฆหนาบังอยู่ แต่เมื่อส่องดูด้วยกล้องดูดาว หรือกล้องส่องทางไกลแบบสองตา จะพอแยกได้เป็นดวงดาว 4ดวง เรียกรวมกันว่า ทราพีเซียม (Trapezium) ทราพีเซียม เป็นดวงดาวเกิดใหม่ มีอายุประมาณ 3แสน ถึง 1ล้านปี (นับว่าเด็กมากเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์อายุ 4500ล้านปี) มีความร้อนสูงมาก (มากกว่าดวงอาทิตย์ของเราเสียอีก) เมื่อถ่ายภาพด้วย แสงอินฟราเรด(คลื่นรังสีความร้อน) จึงเห็นลักษณะของ ทราพีเซียมได้ชัดเจนขึ้น ดวงดาวทราพีเซียมให้พลังงานแก่กลุ่มก๊าซโดยรอบ รังสีอัลตราไวโอเลตที่แผ่ออกมาทำให้กลุ่มก๊าซข้างเคียง ส่องแสงเรืองรองออกมา ก๊าซไฮโดรเจนให้สีแดง ส่วนออกซิเจนให้สีเขียว บริเวณกลางโอไรออนเนบิวลาจึงมี แสงเรืองรองออกมาเป็นสีเหลือง

เมื่อกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลสามารถใช้การได้ดีในปี คศ.1993 เราก็ได้ภาพแสดงรายละเอียดมากมายของดวงดาวในโอไรออนเนบิวลา บริเวณรอบๆทราพีเซียม พบว่ามีดวงดาวมากกว่าร้อยดวง และที่สำคัญมันแสดง ภาพของระยะต่างๆ ของการกำเนิดดวงดาว

ดาวฤกษ์ก่อตัวขึ้นจากก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซอื่นๆในอวกาศ รวมกลุ่มกันเข้าด้วยแรงโน้มถ่วงของตน จนเกิดเป็นกลุ่มก๊าซที่หนาแน่นขึ้นเรื่อยๆ ยิ่งมวลสูงขึ้น และแต่ละโมเลกุลเข้าใกล้กันมากขึ้น แรงที่อัดแต่ละโมเลกุลเข้าหากันก็ยิ่งมากขึ้น กลุ่มก๊าซที่หนาแน่นนี้จะเริ่มหมุนวน และมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ใช้เวลาหลายล้านปี จนกระทั่งอุณหภูมิสูงพอ ที่จะทำให้นิวเคลียสของไฮโดรเจน รวมตัวกันเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิวชัน กลายเป็นฮีเลียม ปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา

ดาวดาวที่อยู่ช่วงก่อกำเนิดนี้ เรียกว่าโปรโตสตาร์(Protostar) มีอุณหภูมิสูงกว่าล้านองศาทีเดียว พลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ทำให้แกนกลางของโปรโตสตาร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น และทำให้นิวเคลียสของไฮโดรเจนอะตอมอื่นๆที่อยู่ไม่ไกล รวมตัวกันเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ฟิวชันต่อไป และต่อไปถึงอะตอมอื่นๆ ไปเรื่อยๆเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่

พลังงานที่ปล่อยออกมาทำให้กลุ่มก๊าซที่อยู่รอบนอกของโปรโตสตาร์ ส่องแสงออกมา และเมื่อถึงจุดหนึ่ง นิวเคลียร์ฟิวชันที่แกนกลาง ก็จะมากพอ ที่จะมีแรงต้านการบีบอัดของแรงโน้มถ่วงได้ โปรโตสตาร์ก็จะสามารถ คงสภาพเป็นดาวฤกษ์

กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล ให้ภาพที่แสดงลักษณะแปลกๆรอบดาวบางดวง ในโอไรออนเนบิวลา เป็นลักษณะของแผ่นกลมๆแบนๆ อยู่รอบดวงดาวในระยะก่อกำเนิด เรียกแผ่นนี้ว่า Proto-planetary disks (Proplyds) ซึ่งคาดว่าจะเป็นต้นกำเนิด ของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวฤกษ์ในอนาคต

บริเวณดาบของนายพราน(หรือด้ามจับของคันไถ)นี้ ที่จริงไม่ได้มีกลุ่มก๊าซ หรือเนบิวลาเพียงกลุ่มเดียว เหนือ โอไรออนเนบิวลาขึ้นไปเพียงครึ่งองศา ก็มีอีกกลุ่มก๊าซหนึ่ง ซึ่งแม้จะประกอบด้วยเนบิวลาจำนวนถึง 3เนบิวลา (NGC 1973-75-77) แต่ก็มักจะถูกมองข้าม เนื่องจากความสว่างไสวของ โอไรออนเนบิวลา NGC 1973-75-77 เป็นกลุ่มก๊าซที่สะท้อนแสงจากดวงดาวข้างเคียง จัดเป็นเนบิวลาอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า Reflection Nebula

หากเรามองต่ำจากโอไรออนเนบิวลาลงอีกมาเล็กน้อย (ใต้ลงมาประมาณลงมา 1องศา) ก็จะพบฝุ่นก๊าซอีกกลุ่มหนึ่ง สะท้อนแสงจากดวงดาวข้างเคียง จนปรากฏเป็นกลุ่มก๊าซสว่าง ดังรูปข้างบน จัดเป็นเนบิวลาแบบ Reflection Nebula เช่นกัน มีชื่อเรียกว่า NGC1999 กลุ่มก๊าซบริเวณกลาง NGC1999 ที่เห็นจากภาพ หนาทึบมากจนแสงผ่านได้น้อย เรียกกันว่า Bok Globule และไกลออกไป ที่บริเวณเหนือดาว 3ดวงที่เรียงกันในกลุ่มดาวไถ ก็มี Reflection Nebula อีกกลุ่มหนึ่ง สวยงามแปลกตาไม่แพ้กลุ่มอื่นๆ ดังรูปข้างล่างนี้ มีชื่อว่า M78 (หรือ NGC 2068)

มีเนบิวลาอีกประเภทหนึ่ง ที่ยังไม่ได้กล่าวถึง คือ Planetary Nebula เป็นดาวฤกษ์ที่กำลังจะตาย มีการแยกตัวของดาวแกนกลางและเปลือกนอก ส่องแสงออกมาจางๆ เมื่อมองผ่านกล้องโทรทรรศน์ จะเห็นคล้ายแสงของดาวเคราะห์ (Planet) ที่มีวงแหวนล้อมรอบ

คุณสามารถพบ Planetary Nebula ใกล้ๆกับกลุ่มดาวไถ ลงมาทางใต้ประมาณ 5องศา มีชื่อว่า IC 418 หรือ Spirograph Nebula อยู่ห่างจากโลกเราประมาณ 2000ปีแสง เป็นวาระสุดท้ายของ ดวงดาวประเภทที่คล้ายกับ ดวงอาทิตย์ของเรา

ดาวลูกไก่ และ กระจุกดาวอื่นๆ

Pleiades (M45) & Other Star Clusters

ดาวลูกไก่ดูเหมือนจะเป็นสิ่งที่หลายๆคนมองหา บนท้องฟ้ายามราตรี มาตั้งแต่สมัยเด็กๆ ดาวเล็ก 7ดวง รวมกลุ่มกันอยู่ สะดุดตา หาพบได้ไม่ยากนักในวันที่ฟ้าใส และมืดสนิท แต่ถ้าคุณส่องดูด้วยกล้องดูดาว หรือกล้องส่องทางไกลจะเห็นภาพที่สวยยิ่งกว่า ดวงดาวสีขาว-น้ำเงิน ระยิบระยับ จะเพิ่มเป็น 9-20ดวง และจะยิ่งมากขึ้น เมื่อส่องดูด้วยกล้องโทรทรรศน์กำลังขยายสูง

หลายชาติหลายวัฒนธรรม ต่างรู้จักดาวลูกไก่ และมีชื่อเรียกต่างๆกันไป เช่นในญี่ปุ่นเรียกว่าซูบารุ (คุณอาจเคยสังเกตเห็นดวงดาว บนเครื่องหมายของรถซูบารุ) ทางยุโรป (อังกฤษและเยอรมันโบราณ) เปรียบเทียบมันกับ แม่ไก่และลูกไก่

ชาติตะวันตกมักจะเรียกว่า Pleiades หรือ Seven Sisters ตามตำนานโรมันโบราณ และตั้งชื่อตามตำนานให้ดาวแต่ละดวง คือลูกสาวทั้งเจ็ด (Alcyone, Asterope, Electra, Maia, Merope, Taygeta and Celaeno) ของAtlas(ผู้เป็นพ่อ ตามตำนาน) และPleione(ผู้เป็นแม่ ที่มาของชื่อกระจุกดาว Pleiades)

ดาวลูกไก่ เป็นตัวอย่างหนึ่งของดาวฤกษ์ที่อยู่กันเป็นกลุ่ม หรือที่เรียกว่ากระจุกดาว(Star cluster) อยู่รวมกันด้วยแรงดึงดูด (แรงโน้มถ่วง) ของกันและกัน และเคลื่อนที่ไปด้วยกัน ในกาแล็กซี ทางช้างเผือกของเรา กระจุกดาวลูกไก่กินอาณาบริเวณกว้างประมาณ 13ปีแสง ไม่ไกลจากโลกมากนัก เพียงแค่ประมาณ 380ปีแสงเท่านั้น กระจุกดาวลูกไก่มีอายุค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับดวงดาวอื่นๆในเอกภพ มันเพิ่งก่อตัวขึ้นเมื่อประมาณ 80-100ล้านปีมานี้เอง (เทียบคร่าวๆก็ประมาณยุคของไดโนเสาร์) และมีผู้คำนวณไว้ว่า อีกประมาณ 250ล้านปี ก็จะเริ่มแยกจากกัน กลายเป็นดาวเดี่ยวๆแต่ละดวง เมื่อมองกระจุกดาวลูกไก่ด้วยตาเปล่า คุณอาจนับดวงดาวได้ 6-7ดวง แต่ในคืนฟ้าใสไม่มีเมฆและมืดสนิท อาจจะนับได้ถึง 9ดวง ในอดีตโจฮานน์ เคปเลอร์ (Johann Kepler ผู้คิดค้น Kepler's law) สามารถนับดวงดาวในกระจุกดาวลูกไก่ได้ถึง 14ดวง ในปัจจุบัน ด้วยกล้องโทรทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพสูง พบว่ามีดวงดาวในกระจุกดาวลูกไก่มากกว่า 3,000ดวง และมีลักษณะต่างๆกัน เมื่อถ่ายรูปดาวลูกไกในแต่ละย่านสเป็คตรัม

เมื่อสังเกตรายละเอียดจากภาพถ่ายของกระจุกดาวลูกไก่ จะพบว่า มีกลุ่มก๊าซอยู่รอบๆดาวแต่ละดวง ซึ่งพบได้บ่อย ในกระจุกดาวที่ อายุค่อนข้างน้อย ก๊าซเหล่านี้มักจะเป็นสิ่งที่เหลืออยู่ จากการก่อตัวของดาวฤกษ์ แต่ในกรณีของดาวลูกไก่ เป็นฝุ่นก๊าซในเอกภพที่ถูกแรงโน้มถ่วงของดาวฤกษ์จับไว้ ในขณะที่กระจุกดาวลูกไก่เคลื่อนผ่านไป

ลักษณะของกลุ่มฝุ่นก๊าซนี้ เรียกว่า เนบิวลา (Nebula แปลว่าหมอกหรือเมฆในภาษาละติน) เนบิวลาที่พบในกระจุกดาวลูกไก่ มีแสงเรืองสีน้ำเงินเนื่องจาก สะท้อนแสงจากดวงดาวที่อยู่ใกล้เคียง จัดเป็นเนบิวลาประเภท Reflection Nebula (อ่านรายละเอียดเกี่ยวกับเนบิวลา ได้ในเรื่องดาวไถ)

ลักษณะของเนบิวลาในกระจุกดาวลูกไก่ ถูกพบเห็นเป็นครั้งแรกในปีค.ศ.1859โดยวิลเฮล์ม เทมเพล(Wilhelm Tempel) เขาพบลักษณะของฝุ่นก๊าซ (Tempel's Nebula หรือ NGC 1435) อยู่รอบๆดาวMerope ในกระจุกดาวลูกไก่ ต่อมาอี.อี.บาร์นาร์ด(E.E. Barnard) พบเนบิวลาที่มีลักษณะต่างออกไป บริเวณใกล้ดาวMerope ปัจจุบันรู้จักกันในนาม Bernard's Merope Nebula (IC 349) เมื่อกล้องฮับเบิลได้มีโอกาสถ่ายภาพในบริเวณนี้ ก็พบลักษณะปฏิกิริยารุนแรงของฝุ่นก๊าซที่ถูกแสงของดาวMerope ปรากฏ เป็นลักษณะแปลกตา

ใกล้ๆกับตำแหน่งของดาวลูกไก่บนท้องฟ้า มีกระจุกดาวอีกกลุ่มหนึ่ง เรียกวาดาวธง(Hyades) มีอายุมากกว่า และกระจายตัวกัน มากกว่าดาวลูกไก่ มองเห็นเป็นลักษณะของตัวอักษร V หรือใบหน้าของกลุ่มดาววัว(Taurus)

ทั้งดาวลูกไก่(Pleiades)และดาวธง(Hyades) เป็นกระจุกดาวเปิด(Open clusters) คือดาวแต่ละดวงกระจายตัวกันอยู่ห่างๆ คุณสามารถพบ กระจุกดาวแบบนี้ ตามแนวระนาบของกาแล็กซีทางช้างเผือก (บางครั้งเราจึงเรียกว่า Galactic clusters) มักจะประกอบด้วย ดาวที่อายุไม่มากนัก รูปร่างของกระจุกดาวไม่แน่นอน

กระจุกดาวอีกประเภทหนึ่ง เรียกว่ากระจุกดาวทรงกลม(Globular clusters) ประกอบด้วยดวงดาวจำนวนมหาศาล (เป็นพันถึงหลายล้านดวง) อยู่กันหนาแน่น ด้วยแรงโน้มถ่วงของกันและกัน จนแลเห็นเป็นทรงกลม ประมาณว่าท้องฟ้าของดาวที่อยู่กลางวง จะสว่างไสวตลอดทั้งวันคืน เพราะมีดาวมากมายเรียงแน่นอยู่เต็มฟ้า

ดวงดาวที่ประกอบกันเป็นกระจุกดาวทรงกลม เป็นดวงดาวที่มีอายุมาก จึงไม่เหลือกลุ่มก๊าซจาก การก่อตัวของดวงดาวอยู่ภายใน เคยมีผู้คำนวณอายุ ของดวงดาวเหล่านี้ออกมา พบว่ามีอายุประมาณ 12,000 - 18,000 ล้านปี แสดงว่ามันอาจมีอายุพอๆกับเอกภพ สร้างความประหลาดใจ ให้กับนักดาราศาสตร์ในปัจจุบันมากมายทีเดียว

กระจุกดาวทรงกลมจะอยู่ตามที่ว่าง ด้านบนและด้านล่างของ แนวระนาบกาแล็กซีทางช้างเผือก พบมากที่บริเวณศูนย์กลางกาแล็กซี

ผู้ที่สนใจศึกษาดวงดาวบนท้องฟ้า หลังจากคุ้นเคยกับกลุ่มดาวที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าแล้ว การมองหาและศึกษาแต่ละกระจุกดาว ก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจไม่น้อยเลยทีเดียว เพราะอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มก็เพียงแค่ กล้องส่องทางไกลธรรมดา (ที่ใช้กันทั่วไป เช่นใช้ดูนก) และแผนที่ดาวที่ละเอียดกว่าปรกติ แต่การศึกษากระจุกดาวที่มีความสว่างค่อนข้างน้อย ก็คงจำเป็นต้องใช้กล้องดูดาวขนาดใหญ่ขึ้น หรืออาจต้องศึกษาจากภาพถ่าย

กาแล็กซีแอนโดรมีดา

Andromeda Galaxy (M31 , NCG 224)

กาแล็กซีแอนโดรมีดา หลายคนคงเคยได้ยินชื่อนี้ และทราบว่าเป็นกาแล็กซีเพื่อนบ้านขนาดใหญ่ (Major Galaxy of Local group) ที่อยู่ใกล้โลกของเรามากที่สุด แต่เราก็เพิ่งจะทราบรายละเอียดเกี่ยวกับมัน ในช่วงไม่ถึง 100ปีมานี้เอง ก็คงต้องขอบคุณพัฒนาการ ของกล้องดูดาวประสิทธิภาพสูง ความรู้ที่ได้จากการศึกษากาแล็กซีแอนโดรมีดา นำไปสู่การเรียนรู้กาแล็กซีอื่นๆ ทำให้เราได้ทฤษฎีต่างๆเกี่ยวกับ ดวงดาวและอวกาศมากมาย นับเป็นก้าวกระโดดครั้งสำคัญ ของการศึกษาดาราศาสตร์ และไขความลับของเอกภพ

ในสมัยก่อน เมื่อท้องฟ้าเวลากลางคืนยังมืดสนิท ไม่มีหมอกควันหรือแสงไฟรบกวน ในกลุ่มดาวแอนโดรมีดาจะปรากฏมีฝ้าสีขาวจางๆ และจะเห็นได้ชัดมากขึ้น เมื่อมองด้วยกล้องส่องทางไกลหรือกล้องโทรทรรศน์ กินบริเวณกว้างกว่าดวงจันทร์ ฝ้าสีขาวนี้สร้างความสงสัย ให้ผู้สนใจท้องฟ้าและดวงดาว มาหลายยุคหลายสมัย และยิ่งกล้องดูดาวพัฒนามากขึ้น ก็ค้นพบฝ้าลักษณะคล้ายกลุ่มเมฆ หรือกลุ่มก๊าซเล็กๆ มีลักษณะต่างๆกัน บนท้องฟ้าบริเวณต่างๆมากขึ้นเรื่อยๆ

สิ่งซึ่งเป็นที่สนใจอย่างหนึ่งของนักดาราศาสตร์ในสมัยก่อนคือ การค้นหาดาวหาง เพื่อมิให้เป็นที่สับสนกับดาวหาง (เนื่องจากวัตถุเหล่านี้ พบว่ามีตำแหน่งที่แน่นอนบนท้องฟ้า แต่ดาวหางจะเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อยๆ) ในปีคศ.1784 ชาร์ลส์ เมซิเย (Cherles Messier) จึงได้รวบรวมตำแหน่ง จดบันทึกวัตถุลักษณะต่างๆเหล่านี้ รวมทั้งกระจุกดาว ไว้เป็นคะตะล็อก เมซิเย (Messier Catalogue) ซึ่งมีถึง 109(-110) รายการเลยทีเดียว เขาบันทึกกาแล็กซีแอนโดรมีดา ไว้เป็นวัตถุที่ 31 กาแล็กซีแอนโดรมีดา จึงมักถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า M31

ช่วงปี คศ. 1900 เศษๆเชื่อกันว่าโลก ดวงอาทิตย์ระบบสุริยะ และดวงดาวต่างๆ ล้วนอยู่ในอาณาจักรใหญ่ของดวงดาวที่เรียกว่า ทางช้างเผือก (Milky way galaxy)

ใน ปีคศ.1912 ด้วยผลงานของผู้หญิงตัวเล็กๆคนหนึ่ง ชื่อว่าเฮนริเอตทา เลวิตต์ (Henrietta Leavitt) ทำให้เราสามารถวัดระยะทางจากโลกไปยังที่ต่างๆในจักรวาลได้ เฮนริเอตทา เลวิตต์ ศึกษาเกี่ยวกับ ดาวแปรแสงประเภทซีฟีอิด (Cepheid Variable) ซึ่งก็คือดวงดาวที่เปลี่ยนแปลงความสว่าง เมื่อเวลาผ่านไป จากสว่างที่สุด จางลง และกลับมาสว่างที่สุดอีกครั้ง โดยใช้คาบเวลาคงที่ตลอด (บางดวงอาจใช้เวลาแค่1วัน บางดวงอาจใช้เวลาถึง50วัน) เมื่อทราบคาบเวลา จากข้อมูลของเธอ สามารถคำนวณออกมาได้ว่า ดาวแปรแสงดวงนั้น มีความสว่างจริงๆเฉลี่ยเท่าไร เมื่อเราเอามาเทียบกับความสว่างเฉลี่ยของดาวแปรแสงดวงนั้น ที่สังเกตได้จากโลก เราก็จะสามารถคำนวณ หาระยะทางจากโลกไปถึงดาวแปรแสงดวงนั้นได้ ทำให้ในปีค.ศ. 1918 ฮาร์โลว์ แชปลีย์ (Harlow Shapley) ซึ่งใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 100นิ้ว [ชื่อกล้องโทรทรรศน์ฮูเคอร์ (Hooker Telescope) ที่หอดูดาวเขาวิลสัน (Mount Wilson Observatory) เป็นกล้องโทรทรรศน์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก สมัยนั้น] สามารถวัดระยะจากโลก ไปยังตำแหน่งต่างในทางช้างเผือกได้สำเร็จ บอกได้ว่าโลกและดวงอาทิตย์ ไม่ใช่ศูนย์กลางของทางช้างเผือก อย่างที่เคยเชื่อกัน และวัดขนาดคร่าวๆ ของกาแล็กซีทางช้างเผือก เอาไว้ด้วย

ในปีค.ศ. 1919 เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin Hubble) เดินทางขึ้นสู่เขาวิลสัน เขาใช้กล้องโทรทรรศน์ฮูเคอร์ศึกษา ฝ้าจางๆอันลึกลับบนท้องฟ้า และในปี ค.ศ. 1925 เขาก็ประกาศการค้นพบอันยิ่งใหญ่ ว่า เมื่อส่องดูM31 ในกลุ่มดาวแอนโดรมีดา ด้วยกล้องโทรทรรศน์ประสิทธิภาพสูง จะสามารถขยายให้เห็น แยกออกเป็น ดาวดวงๆจำนวนมากได้ ในจำนวนนี้ มีดาวแปรแสงประเภทซีฟีอิด(Cepheid Variable) รวมอยู่ด้วย ทำให้สามารถวัดระยะจากโลก ไปถึง M31ได้ พบว่ามันอยู่ห่างไกลกว่า รัศมีของทางช้างเผือกที่ฮาร์โลว์ แชปลีย์ คำนวณไว้มากๆ แสดงว่ามันอยู่นอกทางช้างเผือก และอยู่ไกลออกไปมากๆ นั่นคือ มันเป็นอีกหนึ่งกาแล็กซี เช่นเดียวกับกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา

จากการศึกษากระจุกดาวใน กาแล็กซีแอนโดรมีดา พบว่ามีอายุเก่าแก่พอๆกับ กระจุกดาวในทางช้างเผือกของเรา คาดว่ากระจุกดาวเหล่านี้ คงจะเกิดขึ้นตั้งแต่ ช่วงแรกๆของการก่อตัวของเอกภพ กระจุกดาวเหล่านี้ยังเป็นแหล่งที่พบดาวแปรแสง ช่วยให้เราสามารถวัดระยะทางจากโลกไปยังกาแล็กซีแอนโดรมีดา กาแล็กซีแอนโดรมีดาอยู่ไกลออกไป ประมาณ 2.2ล้านปีแสง มีลักษณะคล้ายๆทางช้างเผือกของเรา แต่อาจจะใหญ่กว่าเล็กน้อย และถ้าสังเกตให้ดีจะเห็นว่ามันมีกาแล็กซีเพื่อนบ้านเล็กๆ เป็นฝ้าจางๆอีก 2กาแล็กซี คือ M32(NGC 221) และ M110(NGC 205)

ในขณะที่กาแล็กซีแอนโดรมีดา เป็นกาแล็กซีรูปเกลียว(Spiral galaxy) คือมีลักษณะกลมแบนเหมือนจานสองใบประกบกัน มีแขนเกลียวยื่นออกมา คล้ายๆกันกับ กาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา แต่ M32 และ M110 มีลักษณะเป็นกาแล็กซีรูปทรงรี(Elliptical galaxy) ปัจจุบันพบว่ากาแล็กซีรูปทรงรีมีจำนวนมากมาย มากกว่า กาแล็กซีรูปเกลียวเสียอีก

ในเดือนกรกฎาคม 2001 มีบทความของโรดริโก ไอบาตา(Rodrigo Ibata) และนักดาราศาสตร์อีกหลายคน ลงตีพิมพ์ในวารสาร Nature ว่า เขาได้ศึกษาบริเวณว่างๆ รอบนอกกาแล็กซีแอนโดรมีดา พบว่ามีดวงดาวเรียงตัวเป็นสายออกมาจาก กาแล็กซีเพื่อนบ้านทั้งสอง(M32 และ M110) เข้าสู่กาแล็กซีแอนโดรมีดา องค์ประกอบทางเคมีของดวงดาวที่พบ แตกต่างจากดวงดาวที่ขอบของกาแล็กซีแอนโดรมีดา จึงค่อนข้างชัดเจนว่า กาแล็กซีแอนโดรมีดาค่อยๆดึงดวงดาวและมวลสารต่างๆมาจาก กาแล็กซีเพื่อนบ้านของตน (คล้ายๆกับกำลังกลืนกิน เพื่อนบ้านของตน อย่างช้าๆ แต่จริงๆคงเป็นเพียง การรวมตัวกันของกาแล็กซี ได้เป็นกาแล็กซีที่ใหญ่ขึ้น)

กาแล็กซีแอนโดรมีดา กำลังเข้าใกล้กาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา ด้วยความเร็วประมาณ 500,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คาดว่าจะสัมผัสกัน ในอีก 3พันล้านปีข้างหน้า

ในปี 1983 อลัน เดรสเลอร์(Alan Dressler)และ นักดาราศาสตร์กลุ่มนุคเคอร์(Nuker Team) ผู้ศึกษาด้านหลุมดำที่มีมวลสูงมาก (Supermassive Black Holes) มีโครงการที่จะตามหา Supermassive Black Holes ให้พบ พวกเขาคาดว่าจะหาพบได้ใน กาแล็กซีที่มีการ ปล่อยพลังงานสูงออกมาจากแกนกลาง (Quasar) แต่เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นหลุมดำได้ เขาจึงใช้วิธีวัดความเร็วของดวงดาว ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ใกล้ๆกับ แกนกลางของกาแล็กซี ถ้าดวงดาวต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก ก็แสดงว่าดวงดาวนั้นถูกดึงด้วย แรงโน้มถ่วงมหาศาล (จาก Supermassive Black Holes) ซึ่งมาจากแกนกลางของกาแล็กซี เขาเลือกใช้กาแล็กซี NGC1068 (ซึ่งอยู่ไกลมาก) วัดความเร็วของดวงดาวใกล้ๆกับ แกนกลางเทียบกับดวงดาวในกาแล็กซีที่ดูธรรมดาๆ อย่างกาแล็กซีแอนโดรมีดา ผลปรากฏว่า NGC1068 อยู่ไกลเกินไป เกินกว่าจะวัดวัดความเร็วของดวงดาวบริเวณแกนกลางได้ แต่สิ่งที่น่าแปลกใจกลับมาจากกาแล็กซีแอนโดรมีดา ดวงดาวบริเวณใกล้แกนกลางของกาแล็กซีแอนโดรมีดา เคลื่อนที่ด้วยความเร็วถึง 500,000km/hr แสดงว่าน่าจะมี แรงโน้มถ่วงมหาศาล มาจาก Supermassive Black Holes ในแกนกลางของ กาแล็กซีแอนโดรมีดา ปัจจุบันพบปรากฏการณ์คล้ายๆกัน ในการศึกษา กาแล็กซีอื่นๆอีกหลายๆกาแล็กซี (รวมทั้งกาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา) แสดงว่า น่าจะมี Supermassive Black Holes อยู่ในแกนกลางของหลายๆกาแล็กซี ภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศจันทรา แสดงให้เราเห็นถึงแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ อยู่ในใจกลางกาแล็กซีแอนโดรมีดา รังสีเอ็กซ์นี้เกิดขึ้นขณะมีมวลสารเข้าสู่หลุมดำ แกนกลางของกาแล็กซีแอนโดรมีดามีลักษณะเป็น กลุ่มของดวงดาวสว่างไสว รวมตัวกันหนาแน่นคล้ายเมฆ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากรอบหลุมดำ(Blackhole - มีมวลประมาณ 30ล้านเท่าของดวงอาทิตย์) ที่อยู่ใจกลางของกาแล็กซี

กาแล็กซีแอนโดรมีดาอยู่ในกลุ่มดาวแอนโดรมีดา หากต้องการมองเห็นลักษณะ เป็นฝ้าขาวที่ชัดเจนขึ้น อาจต้องใช้กล้องส่องทางไกล หรือกล้องดูดาวโดยกลุ่มดาวแอนโดรมีดา จะอยู่สูงที่สุดบนฟ้า เวลาประมาณ สี่ทุ่มในเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน

กาแล็กซีทางช้างเผือก

กาแล็กซีของเราหรือกาแล็กซีทางช้างเผือก ประกอบด้วยดาวฤกษ์ประมาณหนึ่งแสนล้าน ดวง ดึงดูดซึ่ง กันและกัน ทาให้อยู่ในระบบเดียวกันได้ มีความหนาประมาณ 10,000 ปีแสง และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100,000 ปีแสง ส่วนดวงอาทิตย์ของเรา อยู่ที่แขนของกาแล็กซี ห่างจากใจกลางประมาณ 30,000 ปีแสง มีมวล เท่า ของมวลดวงอาทิตย์ 11 10 4□

กาแล็กซี คือ ที่รวมของดาว กระจุกดาว เนบิวลา ฝุ่น แก๊ส และที่ว่าง โดยจะมีรูปร่างแตกต่างกันไป กาแล็กซีที่เราอาศัยอยู่นี้เรียกว่า กาแล็กซีทางช้างเผือก (Milky Way) ในปี พ.ศ. 2152 กาลิเลโอ ได้สารวจท้องฟ้า ด้วยกล้องโทรทรรศน์ แล้วพบว่า กาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวจานวนมากมาย ปรากฏอยู่ใกล้กันจน ไม่สามารถมองให้แยกออกจากกันได้ ภายหลังได้มีการศึกษาพบบริเวณสว่างของแก๊ส และฝุ่นในอวกาศ และ บริเวณที่มืดซึ่งบังแสงสว่างของดาวอื่น จะเรียกบริเวณนั้นว่า เนบิวลาสว่างและเนบิวลามืดตามลาดับ

กาแล็กซีจะมีดาวกว่าแสนล้านดวง และแก๊ส ฝุ่น สสารที่มากพอจะให้กาเนิดดาวได้หลายพันล้านดวง และในเอกภพนี้มีกาแล็กซีมากเสียจนไม่อาจประมาณได้อย่างชัดเจน แต่จากการเฝ้าติดตามด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่คาดไว้ว่าน่าจะมีมากกว่า 100,000,000,000 กาแล็กซี (แสนล้าน) และอาจจะมีในส่วนที่ยังไม่เห็นด้วยกล้องอีกบางทีอาจจะมากกว่า ล้านล้านกาแล็กซีก็เป็นได้

จากการศึกษาของนักดาราศาสตร์ยังพบอีกว่าดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะไม่ได้หยุดนิ่งแต่กาลังเคลื่อนที่รอบศูนย์กลางกาแล็กซีครบรอบในเวลา 250 ล้านปี ด้วยวงโคจรที่เกือบเป็นวงกลม ดังนั้นจึงคาดกันว่ากาแล็กซีของเราไม่ได้หยุดนิ่ง แต่กาลังหมุนรอบตัวเองโดยสังเกตจากรูปร่าง

รูปร่างของกาแล็กซี

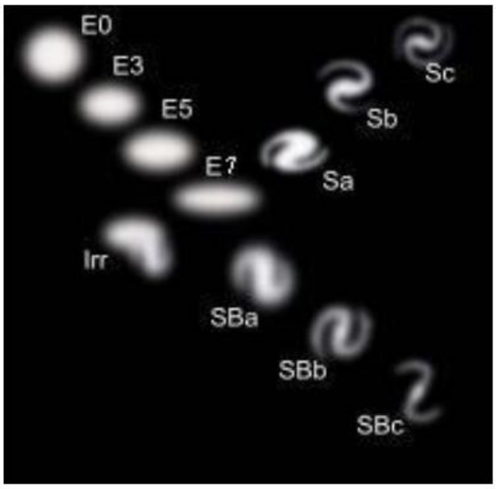
เอ็ดวิน ฮับเบิล ทาการศึกษากาแล็กซีและได้จาแนกรูปร่างของ กาแล็กซี ได้เป็น 4 แบบคือ

1. กาแล็กซีแบบรูปไข่ หรือ ทรงรี (Elliptical) จัดว่าเป็นรูปทรงพื้นฐานเริ่มแรก แบ่งออกได้เป็น E0 – E7 คือ E0 จะมีรูปร่างเป็นทรงกลม และยิ่งรีมากขึ้น ตัวเลขตามท้ายก็จะมากขึ้น เช่น E7 มีรูปทรงรีมากที่สุด

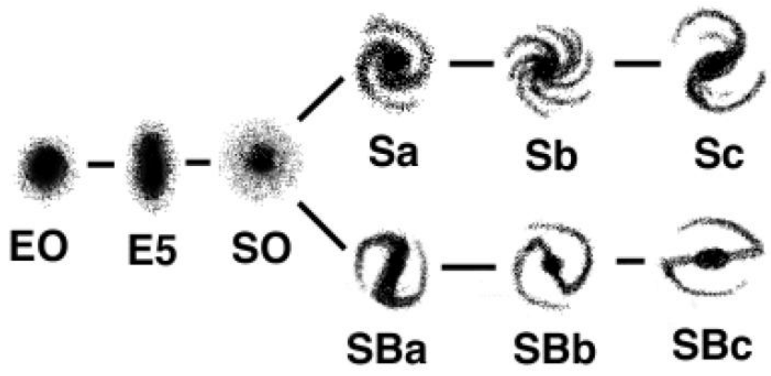
2. กาแล็กซี แบบกังหัน หรือ รูปเกลียว (Spiral) ลักษณะแบบคล้ายจานสองใบประกบหากัน จะมีจุดกลางสว่าง แล้วมีแขนโค้ง 2-3 แขน ลักษณะ หมุนวนรอบแกนกลาง แบ่งย่อยออกเป็น Sa Sb Sc โดยพิจารณาจากระยะความห่างของแขน

3. กาแล็กซีแบบกังหันมีแขน หรือรูปเกลียวแขนยาว Barred Spiral ลักษณะคล้ายแบบที่ 2 แต่มีแขนออกมาจากแกนกลางก่อน แบ่งย่อยออกเป็น Sba SBb SBc โดยพิจารณาจากแขนที่ยาวออกมาจากแกนกลาง ปัจจุบันพบว่ากาแล็กซีทางช้างเผือก เป็นแบบรูปเกลียวแขนยาว

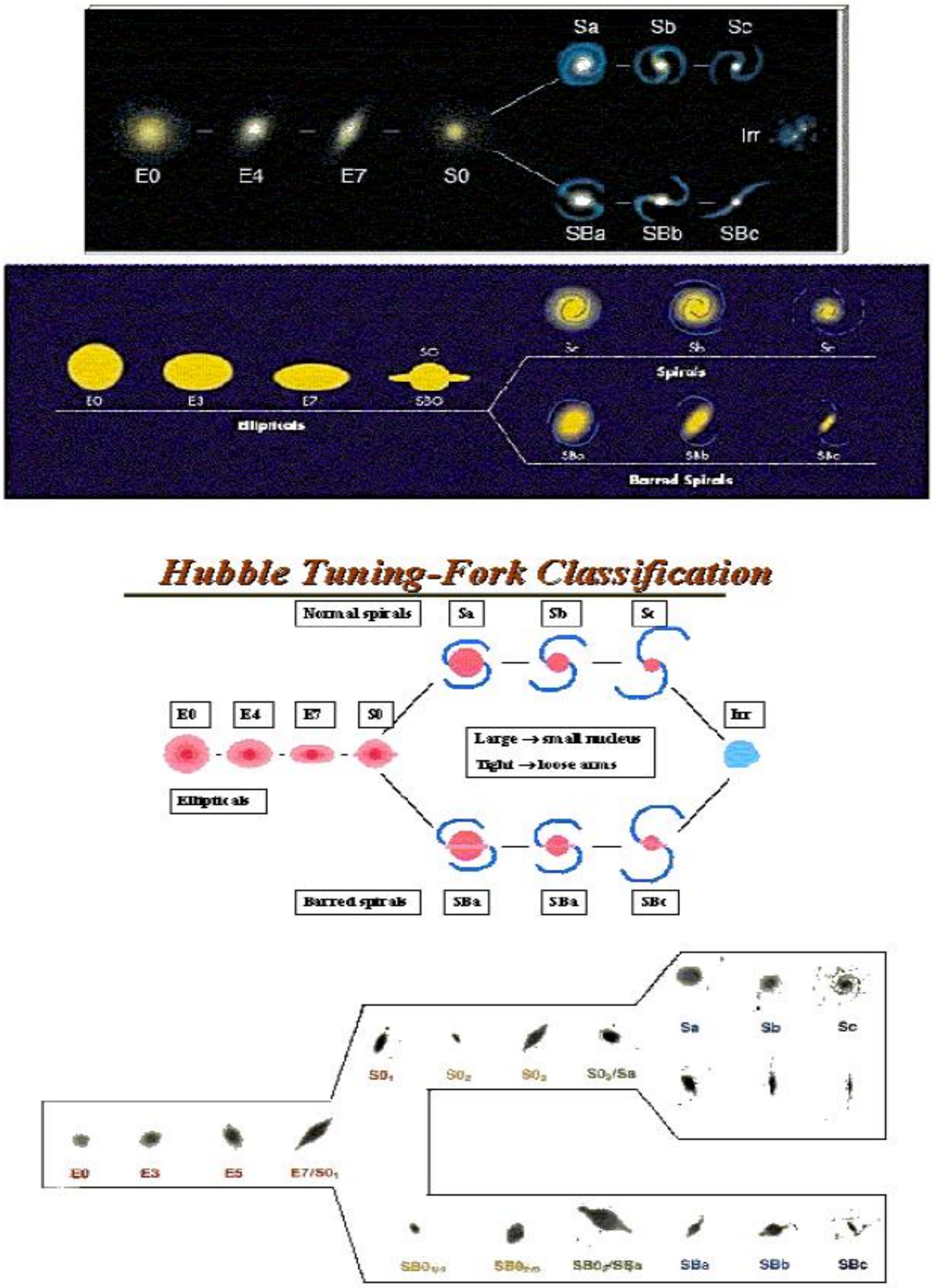
4. กาแล็กซีแบบไม่มีรูปร่าง (Irregular) เป็นกาแล็กซีที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เข้าใจว่าเกิดจากการรวมกันของสองกาแล็กซีแบบ 1 ถึง 3 ที่อยู่ใกล้กัน เอกสารประกอบการสอนวิชา ชีวิตกับเอกภพ ปีการศึกษา 2550



ภาพที่ 2 รูปร่างกาแล็กซีชนิดต่างๆ



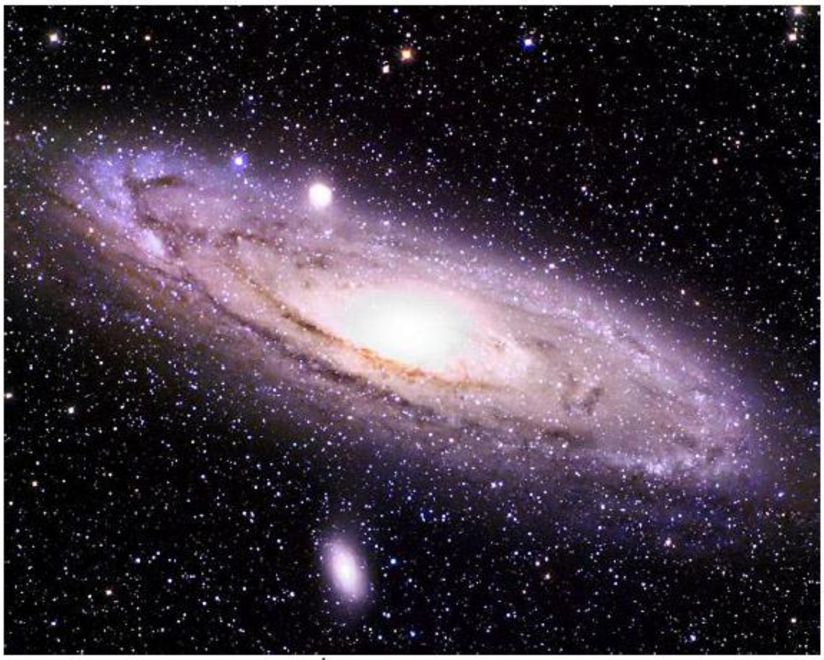
ภาพที่ 3 รูปร่างกาแล็กซีชนิดต่างๆ (เพิ่มเติม)



ภาพที่ 5 รูปร่างกาแล็กซีต่างๆ

กาแล็กซีที่น่าสนใจ

M31(NGC224) หรือ กาแล็กซีแอนโดรเมดา (Andromeda galaxy) เป็นกาแล็กซีรูปเกลียวแบบ Sb อยู่ในกลุ่มดาวแอนโดรเมดา ตาแหน่ง ไรท์แอสเซนชัน 0.71 ชั่วโมง เดคลิเนชัน +41.16 องศา แมกนิจูด 3.5 สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าในคืนฟ้ามืดสนิท หรือด้วยกล้องสองตา หรือกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก ระยะห่างออกไป 2.2 ล้านปีแสง ประกอบด้วยดาวฤกษ์ประมาณ 200 ล้านล้านดวง ฝ้าขาว ๆ ด้านล่างคือ M32 (NGC221) และด้านบนคือ M110 (NGC205)



ภาพที่ 6 กาแล็กซีแอนโดรเมดา

Large Magellanic Cloud (LMC) หรือ กลุ่มเมฆแมกเจลแลนใหญ่ เป็นกาแล็กซีแบบไม่มีรูปร่าง อยู่ในกลุ่มดาวปลาปากดาบ (Dorado) ตาแหน่งไรท์แอสเซนชัน 05.39 ชั่วงโมง เดคลิเนชัน -69.45 องศา แมกนิจูด 0.1 สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า เป็นกาแล็กซีเพื่อนบ้านที่อยู่ใกล้ ทางช้างเผือกมากที่สุดห่างออกไป 179,000 ปีแสง เนบิวลาด้านซ้ายของภาพ 7-12 คือ เนบิวลาแมงมุม (Tarantura Nabulae)



ภาพที่ 7 รูปร่างกาแล็กซีแมกเจลแลนใหญ่

M104 (NGC4594) เป็นกาแล็กซีที่สวยงามอันหนึ่ง อยู่ในกลุ่มดาวหญิงสาว (Virgo) บางทีเราเรียกว่า Sombrero Galaxy เป็นกาแล็กซีรูปเกลียวแบบ Sb ตาแหน่ง ไรท์แอสเซนชัน 12.66 ชั่วโมง เดคลิเนชัน -11.37 องศา แมกนิจูด 8.3 เห็นได้จากกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่เท่านั้น อยู่ห่างจากโลก 50 ล้านปีแสง แถบสีดาที่เห็นเป็นฝุ่นผงทึบแสงที่รอบแขนกาแล็กซี



ภาพที่ 8 รูปร่างกาแล็กซี M104

NGC1365 เป็นกาแล็กซีแบบกังหันมีแขนแบบ SBb อยู่ในกลุ่มดาวเตาอบ (Fornax) ตาแหน่ง ไรท์แอสเซนชัน 03.56 ชั่วโมง เดคลิเนชัน -36.08 องศา แมกนิจูด 9.5 เป็นกาแล็กซีขนาดยักษ์ ที่มีขนาด 200,000 ปีแสง และอยู่ห่างจากโลกเรา 60 ล้านปีแสง



ภาพที่ 9 กาแล็กซี NGC 1365

เนบิวลา

เนบิวลาเป็นแก๊สหรือฝุ่นที่ปรากฏอยู่ในช่องว่างระหว่างดาวฤกษ์ แก๊สหรือฝุ่นที่อยู่ระหว่างดาวบริเวณใกล้เคียงกันจะยึดเหนียวกันด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงแล้วกลายเป็นดาวฤกษ์ต่อไป เนบิวลาหลายแห่งจึงเป็นต้นกาเนิดของดาวฤกษ์ แต่ก็มีเนบิวลาจานวนหนึ่งที่เกิดจากการระเบิดของดาวฤกษ์ขนาดใหญ่ แก๊ส และฝุ่นจะกระจายออกจากกันและอาจแผ่กระจายไปรวมกับแก๊สหรือฝุ่นแห่งอื่นกลายเป็นดาวฤกษ์รุ่นใหม่ เนบิวลามี 2 ชนิดคือ เนบิวลาสว่างและเนบิวลามืด เนบิวลาสว่างยังถูกแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ เนบิวลาสว่างสะท้อนแสงและเนบิวลาสว่างเรืองแสง วัตถุที่สะท้อนแสงในเนบิวลาส่วนมากจะเป็นฝุ่น ส่วนแก๊สบางอย่างก็จะเรืองแสงได้ เนบิวลามืดเป็นแก๊ส และฝุ่นที่บัง และดูดแสงดาวฤกษ์ที่อยู่เบื้องหลัง เนบิวลาต่าง ๆ ที่น่าสนใจมีดังนี้

เนบิวลาสว่างใหญ่ (Great Nebula)

เป็นเนบิวลาประเภทเรื่องแสงมี ไรท์แอสเซนชัน 5.33 ชั่วโมง เดคลิเนชัน 5.41 องศา มีชื่อตามระบบของเมสสิแอร์ว่า M42 อยู่ในกลุ่มดาวนายพราน บริเวณดาบของนายพราน เป็นเนบิวลาขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20,000 เท่าของระบบสุริยะ อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1,500 ปีแสง ประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจน ฮีเลียม และมวลสารอื่น ๆ ที่จะก่อเกิดดาวฤกษ์ลักษณะคล้ายดวงอาทิตย์ได้อย่างน้อย 10,000 ดวง เมื่อมองจากกล้องโทรทรรศน์จะเห็นเป็นกลุ่มแก๊สเรืองแสงสวยงาม และในคืนเดือนมืดที่ท้องฟ้าแจ่มใสสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่ามีลักษณะเป็นปุยฝ้า

เนบิวลารูปหัวม้า

เป็นเนบิวลามืดอยู่ในกลุ่มดาวนายพรานใกล้กับดาวไถดวงใต้ มีไรท์แอสเซนชัน 5.68 ชั่วโมง เดคลิเนชัน -2.40 องศา มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า อยู่ห่างจากโลก 1500 ปีแสงเป็นแก๊ส และฝุ่นที่บังและดูดกลืนแสงดาวฤกษ์ที่อยู่เบื้องหลัง สัญลักษณ์ของเนบิวลารูปหัวม้าคือ IC 434



ภาพที่ 10 เนบิวลาสว่างใหญ่



ภาพที่ 11 เนบิวลารูปหัวม้า

เนบิวลาปู

เป็นซากที่เหลือจากการระเบิดของซูเปอร์โนวาที่สังเกตเห็นในปี ค.ศ. 1054 โดยนักดาราศาสตร์จีน อยู่ในกลุ่มดาววัว ต่อมาในปี 1758 Charles Messier ได้ค้นพบเนบิวลานี้ในขณะที่เขาค้นหาดาวหาง แต่สิ่งที่เขาพบมันไม่คล้ายกับดาวหางเพราะมันไม่เคลื่อนที่ เขาก็เลยได้สร้างแคตาล็อกวัตถุท้องฟ้าขึ้นมา และใส่เลขประจาเนบิวลานี้เป็น M 1



ภาพที่ 12 เนบิวลาปู

เนบิวลาดอกกุหลาบ

เป็นเนบิวลาสว่างประเภทเรืองแสง มีไรท์แอสเซนชัน 6.5 ชั่วโมง เดคลิเนชัน +5.03 องศา อยู่ในกลุ่มดาว ม้ามีเขา (Monoceros) ห่างจากโลก 3000 ปีแสง มีชื่อในระบบเดรเยอร์เป็น NGC 2237

เนบิวลา 3 แฉก (Trifid Nebula)



ภาพที่ 13 เนบิวลาดอกกุหลาบ

เป็นเนบิวลาสว่างประเภทสะท้อนแสง และ เรืองแสง มีไรท์แอสเซนชัน 18.03 ชั่วโมง เดคลิเนชัน -23.03 องศา อยู่ในกลุ่มดาว คนยิงธนู ห่างจากโลก 2000 ปีแสง ส่วนที่เรืองแสงคือส่วนที่มีสีแดง ส่วนที่เป็นสีน้ำเงินคือ คือส่วนที่สะท้อนแสง



ภาพ 14 เนบิวลา 3 แฉก

กลุ่มของกาแล็กซีClusters and Superclusters of Galaxies

ดวงดาวมากมาย รวมกลุ่มกันเป็นอาณาจักรของดวงดาว ที่เรียกว่ากาแล็กซี และในส่วนของกาแล็กซีเอง ก็ไม่ได้กระจายกันอยู่อย่างสม่ำเสมอ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Group และ Cluster) อาจมีเพียงไม่กี่สิบเช่น ในกรณีทางช้างเผือกของเรา กับหลายๆกาแล็กซีในละแวกใกล้เคียง หรือรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ นับพันๆกาแล็กซี เช่นใน Virgo cluster และเมื่อเราได้ศึกษากาแล็กซีจำนวนมากขึ้น ก็พบว่าหลายๆ Clusters ก็จัดเรียงกันกลายเป็นกลุ่มที่ใหญ่มาก เรียกว่า Supercluster ประสานโยงใยกัน เป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน การศึกษารายละเอียด ของโครงสร้างเหล่านี้ อาจทำให้เราเข้าใจถึง วิวัฒนาการของเอกภพ และกาแล็กซี

กาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มกาแล็กซี ที่เรียกว่า Local Group มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1Mpc(Megaparsec ~ 3,260,000ปีแสง) เลยออกไปนอกเขตของLocal Group เป็นอวกาศที่ว่างเปล่า ที่แทบจะไม่พบกาแล็กซีอื่นใดอยู่ กาแล็กซีกลุ่มอื่นที่ใกล้ที่สุด คือ Virgo Cluster อยู่ห่างออกไปประมาณ 18Mpc

Local Group เป็นกลุ่มกาแล็กซีที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก ประกอบด้วยกาแล็กซี เพียงกว่า 30กาแล็กซี รวมกลุ่มกันอยู่ห่างๆรอบ 2กาแล็กซีใหญ่คือ กาแล็กซีแอนโดรมีดา(M31) และกาแล็กซีทางช้างเผือก (Milky Way galaxy) ของเรา กาแล็กซีอื่นที่มีขนาดรองลงมาใน Local Group คือ M33 (Triangulum galaxy)

ทั้งกาแล็กซีทางช้างเผือก กาแล็กซีแอนโดรมีดา และ M33 ต่างก็เป็นกาแล็กซีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีลักษณะเป็นกาแล็กซีแบบเกลียว(spiral) ส่วนกาแล็กซีอื่นๆที่เหลือใน Local Group เป็นกาแล็กซีแบบทรงรี(elliptical) และแบบ irregular (มีรูปร่างไม่แน่นอน) ส่องแสงออกมาเพียงจางๆ มีขนาดเพียงเล็กๆ แทบจะเรียกได้ว่าเป็นกาแล็กซีแคระ(dwarf galaxy) บางกาแล็กซีมีขนาดเล็กมาก จนดูคล้ายกระจุกดาว เลยทีเดียว

ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงจากจากแต่ละกาแล็กซี ทำให้กาแล็กซีทั้งหลายใน Local Group เคลื่อนที่ไปด้วยกันในเอกภพ ดังนั้นเมื่อตรวจดูสเป็คตรัม ของกาแล็กซีเหล่านี้ จึงไม่พบลักษณะของ redshift แบบในกาแล็กซีอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไป ที่จริงมีผู้สังเกตเห็นกาแล็กซีอื่นๆใน Local Group มานานแล้ว (แม้จะเคยไม่ทราบว่ามันเป็นกาแล็กซีอื่นจนกระทั่งช่วงไม่ถึง 100ปีมานี้) เช่น กาแล็กซีแอนโดรมีดา มีบันทึกอยู่ในตำราดูดาวของชาวเปอร์เซีย ตั้งแต่ปีค.ศ. 905 (Book of Fixed Stars ,by Al Sufi)

ส่วนกลุ่มเมฆแม็กเจลแลนเล็ก และ กลุ่มเมฆแม็กเจลแลนเล็กใหญ่ (Small and Large Clouds of Magellan) เป็นกาแล็กซีเล็กๆ ที่มีรูปทรงแบบ Irregular บริวารของทางช้างเผือก เนื่องจากสามารถเห็นได้ เฉพาะจากซีกโลกใต้ จึง

เป็นที่รู้จักในหมู่นักดูดาว ทางซีกโลกใต้มานาน แต่เพิ่งได้รับการบันทึกจนเป็นที่รู้จักกัน เมื่อปีค.ศ.1519 โดยกัปตันเฟอร์ดินานด์ แม็กเจลแลน (Ferdinand Magellan) ผู้นำเรือออกเดินทางรอบโลก

400 ปีถัดมา เฮนริเอตทา เลวิตต์ (Henrietta Leavitt) ก็ใช้บริเวณกลุ่มเมฆแม็กเจลแลนนี้แหละ ศึกษาเกี่ยวกับดาวแปรแสงประเภทซีฟีอิด(Cepheid Variable) จนเราสามารถใช้ดาวแปรแสงชนิดนี้ วัดระยะทางไกลมากๆ ระหว่างกาแล็กซีในเอกภพได้

เมื่อนักดาราศาสตร์ทราบวิธีวัดระยะทางไกลๆในเอกภพโดย ใช้ดาวแปรแสง ทำให้สามารถค้นหากาแล็กซีอื่น ที่อยู่ไกลออกไปนอกทางช้างเผือก มีการค้นพบกาแล็กซีอื่นๆมากมาย ในบริเวณต่างๆของท้องฟ้า แต่ก็พบได้น้อยมาก ในบริเวณแนวของทางช้างเผือก เนื่องจากถูกบังโดยดวงดาวและฝุ่นก๊าซในทางช้างเผือกของเรา จนมีชื่อเรียกกันว่า " Zone of Avoidance"

เดิมเคยเชื่อกันว่า กลุ่มเมฆแม็กเจลแลนใหญ่ ซึ่งอยู่ห่างออกไป 180,000ปีแสง เป็นกาแล็กซีที่อยู่ใกล้ทางช้างเผือกของเรามากที่สุด จนกระทั่ง ในปีค.ศ.1994 โรดริโก ไอบาตา(Rodrigo A. Ibata) และผู้ร่วมงาน ได้ตรวจวัดการเคลื่อนที่ของดวงดาวแต่ละดวง บริเวณใกล้ ศูนย์กลางทางช้างเผือก พบว่าดาวส่วนหนึ่งมีการเคลื่อนที่แตกต่างจากดวงดาวอื่นๆในทางช้างเผือก เขาแยกภาพของดวงดาว ที่ไม่ธรรมดาเหล่านี้ออกมา แล้วเขาก็สามารถค้นพบ Sagittarius Dwarf Galaxy ซึ่งเป็นกาแล็กซีบริวารที่อยู่ใกล้ที่สุดของทางช้างเผือก อยู่ห่างจากศูนย์กลางของทางช้างเผือก เพียง 50,000ปีแสง แต่ถูกบดบังอยู่เบื้องหลังทางช้างเผือกของเรา

ต่อมามีการใช้วิธีตรวจจับคลื่นวิทยุ มาช่วยค้นหากาแล็กซี โดยใช้กล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope) คลื่นวิทยุสามารถ แทรกผ่านฝุ่นก๊าซอันหนาทึบที่ บริเวณใกล้ศูนย์กลางของ กาแล็กซีทางช้างเผือกได้ ทำให้เราสามารถค้นพบ กาแล็กซีอื่นๆอีกมากมาย ที่ถูกบดบังโดยฝุ่นก๊าซเหล่านั้น

ในปีค.ศ.1994ด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุชื่อ Dwingeloo ในเนเธอร์แลนด์ ทำให้เราสามารถค้นพบ อีกหนึ่งสมาชิกใน Local Group อยู่ไกลออกไปทางทิศของกลุ่มดาว Cassiopia เป็นกาแล็กซีแบบเกลียวขนาดใหญ่พอๆกับ M33 มีชื่อว่า Dwingeloo1 มีการค้นพบสมาชิกของ Local Group เพิ่มขึ้นทุก 2-3ปี ปัจจุบันสมาชิกใน Local Group ที่ค้นพบแล้วมีกว่า 30กาแล็กซี แต่ก็จัดว่าน้อยนักเมื่อเทียบกับ กลุ่มของกาแล็กซีอื่นๆในเอกภพ

Virgo Cluster เป็นกลุ่มของกาแล็กซีที่อยู่ใกล้ Local Group ของเรามากที่สุด อยู่ไกลออกไปประมาณ 18Mpc ทางทิศของกลุ่มดาวVirgo มีสมาชิกรวมกลุ่มกันอยู่นับพันกาแล็กซี หลายๆกาแล็กซีที่เราได้ศึกษา และได้เห็นภาพถ่ายกันจนคุ้นตา ก็อยู่ในกาแล็กซีนี้ สมาชิกส่วนใหญ่ของ Virgo Cluster เป็นกาแล็กซีทรงรีขนาดเล็ก แต่ก็สามารถพบสมาชิกอื่นๆอีกหลากหลายรูปทรง ไม่ว่าจะเป็นทรงกลม ทรงรี หรือแบบเกลียว เนื่องจากเอกภพกำลังขยายตัวออกไป Virgo Cluster จึงกำลังเคลื่อนห่างจากเรา ออกไปเรื่อยๆด้วยความเร็วประมาณ 1,200km/s

ส่วน Coma Cluster ก็เป็นอีกหนึ่งกลุ่มกาแล็กซีที่น่าสนใจ อยู่ห่างจากเราไปประมาณ 100Mpc ทางทิศของกลุ่มดาว Coma Berenices Coma Cluster เป็นกลุ่มกาแล็กซีที่มีขนาดใหญ่และหนาแน่นมาก ประกอบด้วยกาแล็กซี (นับเฉพาะที่สว่างๆ และสามารถเห็นได้จากโลกเรา) จำนวนหลายพัน รวมกลุ่มกันอยู่หนาแน่นบริเวณกลาง Cluster กาแล็กซีส่วนใหญ่เป็นแบบทรงกลม และทรงรี แบบเกลียวพบได้จำนวนเล็กน้อยที่บริเวณขอบ

กาแล็กซีที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ จะมีมวลมากมายมหาศาล แรงโน้มถ่วงที่เกิดขึ้น จะมากจนสามารถดึงแสง ให้เคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งได้ ดังนั้นเมื่อเราส่องกล้องโทรทรรศน์ ไปยังกลุ่มของกาแล็กซีที่อยู่ไกลๆ บางครั้งจะสามารถมองเห็นกาแล็กซีอื่นที่วางตัวอยู่เบื้องหลังได้แสงจากกาแล็กซีที่อยู่เบื้อง หลัง เมื่อเดินทางมาใกล้กลุ่มกาแล็กซี จะถูกแรงโน้มถ่วงดึงเบนมาให้เราเห็น ปรากฏเป็นภาพกาแล็กซีที่โค้งผิดรูป อยู่ตามขอบของกลุ่มกาแล็กซี (คล้ายๆภาพที่เห็น เมื่อมองผ่านโหลแก้วที่ใส่น้ำไว้เต็ม) ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า เลนส์ความโน้มถ่วง หรือ Gravitational Lensing เมื่อคำนวณจากภาพที่ปรากฎ เราสามารถทราบถึงมวลของกลุ่มกาแล็กซีได้ พบว่า แรงโน้มถ่วงนั้นเกิดขึ้นจาก มวลปริมาณมากกว่า ปริมาณมวลที่คำนวณจากเหล่ากาแล็กซี และก๊าซต่างๆที่เราสามารถมองเห็น แสดงว่า ต้องมีมวลสารส่วนหนึ่งในกลุ่มของกาแล็กซีที่เรามองไม่เห็น (Dark Matter) ช่วยสร้างแรงโน้มถ่วงจนเกิดเป็น Gravitational Lensing และจากที่คำนวณได้มีมากมายถึงกว่า 90% ของมวลทั้งหมดเลยทีเดียว

ยิ่งเราใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มองไปได้ไกลขึ้นในเอกภพ เราก็ยิ่งพบกาแล็กซีมากขึ้นเรื่อยๆ มากมายจนนับไม่ถ้วน พบการรวมกลุ่มของกาแล็กซีเป็น Cluster ในรูปแบบต่างๆ และในส่วนของกลุ่มกาแล็กซีเอง ก็มีแนวโน้มที่จะรวมกลุ่มกันไปเป็นกลุ่มซึ่งใหญ่กว่า ที่เรียกว่า Supercluster

ทางช้างเผือกของเราและ Local Group อยู่ใน Supercluster ที่เรียกว่า Local Supercluster (หรือบางครั้งเรียกว่า Virgo Supercluster) ซึ่งประกอบด้วยกว่า 20กลุ่มกาแล็กซี ในอาณาบริเวณกว้างประมาณ 40Mpc

และเมื่อเราสังเกตการเรียงตัวของแต่ละ Supercluster จะพบลักษณะที่น่าสนใจ Supercluster ส่วนใหญ่จะเรียงตัวเป็นแนวยาว เชื่อมกับ Supercluster อื่นด้วย กาแล็กซีที่เรียงเป็นแนวเส้นสายเล็กๆ (Filament) บางบริเวณกว้างใหญ่มาก จนดูคล้ายลักษณะของกำแพงขนาดใหญ่ (Great Wall) ของ Supercluster หนาหลายสิบล้านปีแสง กว้างยาวหลายพันล้านปีแสง Void คือ ช่องว่างๆระหว่างแนวกำแพงและเส้นสาย จะพบกาแล็กซีอยู่น้อยมาก บางช่องกว้างกว่าร้อยล้านปีแสงทีเดียว ภาพที่เกิดขึ้นอาจทำให้เราจินตนาการ โครงสร้างของเอกภพว่า คล้ายกับฟองสบู่หรือฟองน้ำ โดยมีกาแล็กซีรวมกันอยู่บริเวณเนื้อฟองน้ำ และมีช่องว่างแทรกกระจายอยู่ทั่วไป แต่จากที่เราทราบมาแล้วว่ามวลสารกว่า 90% ของเอกภพนั้นมองไม่เห็น (Dark Matter) จึงอาจเป็นไปได้ว่า อาจมีบางสิ่งที่เรายังไม่รู้จัก ซ่อนอยู่ตามช่องว่าง หรือ Void เหล่านี้

เมื่อประมาณปีค.ศ.1987 มีกลุ่มนักดาราศาสตร์ซึ่งต่อมามักเรียกกันว่า 7เซียนซามูไร (The Seven Samuri) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของหลายร้อยกาแล็กซี พบว่า ทั้ง Local Group และกลุ่มกาแล็กซีใกล้เคียง รวมหมดทั้ง Virgo Supercluster และ Supercluster ใกล้เคียงกำลังเคลื่อนตามกัน เหมือนกระแสของกาแล็กซี ด้วยความเร็วประมาณ 600km/s ไปทางทิศของกลุ่มดาว Centaurus จากการคำนวณคาดว่า น่าจะมี Supercluster หรือมวลสารขนาดใหญ่มาก ประมาณ 10,000,000,000,000,000 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ อยู่ไกลออกไปประมาณ 65Mpc ทางทิศของกลุ่มดาว Centaurus เรียกกันว่า " Great Atractor" ด้วยแรงโน้มถ่วงอันมหาศาล ดึงดูดกาแล็กซีทั้งหลายในบริเวณที่เราอยู่ ให้ค่อยๆเคลื่อนที่ไปหา Great Attractor เมื่อเราส่องกล้องโทรทรรศน์สำรวจไปในบริเวณ Great Attractor ก็พบเพียงกลุ่มกาแล็กซีเล็กๆ (ซึ่งที่ผ่านมาไม่ค่อยจะมีใครสนใจศึกษา เพราะว่าถูกบดบัง โดยดวงดาวจำนวนมาก บริเวณใกล้ศูนย์กลางของกาแล็กซีทางช้างเผือก) กาแล็กซีกลุ่มนี้ชื่อว่า Abell 3627 มีมวลแค่ประมาณ หนึ่งในสิบของ Great Attractor ที่คำนวณได้ แต่ในปัจจุบันไม่มีใครมั่นใจว่า มีอะไรซ่อนอยู่เบื้องหลัง Abell 3627

บทที่ 6
กำเนิดจักรวาล

เอกภพ

เอกภพ (Universe) เป็นระบบรวมของกาแล็กซีที่มีอาณาเขตกว้างใหญ่ไพศาลมาก เชื่อกัน ว่าในเอกภพมีกาแล็กซีรวมอยู่ประมาณแสนล้านกาแล็กซี ในแต่ละกาแล็กซีจะประกอบด้วยระบบของดาวฤกษ์ กระจุกดาวเนบิวลา ฝุ่นธุลีคอสมิก แก๊ส และที่ว่างรวมกันอยู่

1 การขยายตัวของเอกภพ

ในปี ค.ศ. 1922 นักดาราศาสตร์ชื่อ สไลเฟอร์ (V.M. Slipher) กาแล็กซีส่วนใหญ่มีสเปกตรัมเลื่อนไปทางสีแดง แสดงว่ากาแล็กซีส่วนใหญ่กาลังวิ่งหนีออกจากกาแล็กซีของเร า ต่อมาในปี ค.ศ. 1929 ฮับเบิล(Edwin P. Hubble) ได้ศึกษาสเปกตรัมของ กาแล็กซีต่าง ๆ 20 กาแล็กซี ซึ่งอยู่ไกลที่สุดประมาณ 20 ล้านปีแสง พบว่าเส้นสเปกตรัมได้เคลื่อนไปทางแสงสีแดง กาแล็กซีที่อยู่ห่างออกไปจะมีการเคลื่อนที่ไปทางแสงสีแดงมาก แสดงว่ากาแล็กซีต่าง ๆ กาลังคลื่นที่ห่างไกลออกไปจากโลกทุกที ๆ พวกที่อยู่ไกลออกไปมาก ๆ จะมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น กาแล็กซีที่ห่างประมาณ 2.5 พันล้านปีแสง มีความเร็ว 38,000 ไมล์ต่อวินาที ส่วนพวก กาแล็กซีที่อยู่ไกลกว่านี้จะมีความเร็วมากขึ้นตามลาดับ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของ กาแล็กซี และความเร็วแห่งการเคลื่อนที่ เรียกว่า "**กฎฮับเบิล** "

2 จักรวาลวิทยา หรือ เอกภพวิทยา (Cosmology)

คือวิชาที่ศึกษาเรื่องราวของเอกภพ ในยุกต์ของนิวตัน นักวิทยาศาสตร์เชื่อกันว่า เอกภพมีขนาดไม่จากัดอยู่นิ่งและไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งขัดแย้งกับทฤษฎีความโน้มถ่วงของนิวตัน ทำให้ทฤษฎีความโน้มไม่อาจไปอธิบายความเชื่อในยุกต์นั้นได้วิชาจักรวาลวิทยาในปัจจุบันมีต้นกาเนิดมาจากทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ในปี ค.ศ. 1945 และทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปในปี ค .ศ. 1955 ของไอน์สไตน์ ในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษไอน์สไตน์ได้รวมอวกาศ และเวลาเข้าด้วยกันเป็นกาลเทศะ (space-time) ต่อเนื่อง 4 มิติที่ไม่อาจแบ่งแยกได้ ทฤษฎีนี้สามารถใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุทุกชนิดในเอกภพ ส่วนทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปเป็นส่วนขยายออกไปจากทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ความโน้มถ่วง จึงอาจกล่าวได้ว่าทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไปคือทฤษฎีความโน้มถ่วง

ทฤษฎีหนึ่ง ในทฤษฎีนี้กาลเทศะจะมีความโค้ง และวัตถุจะมีทางเดินเป็นไปตามความโค้งของกาลเทศะนั้น ในขณะเดียวกันความโค้งของกาลเทศะก็เกิดจากความมีอยู่ของวัตถุต่าง ๆ ในเอกภพ ทฤษฎีทางจักรวาลวิทยาในปัจจุบันมีลักษณะของสัมพัทธภาพทั้งสิ้น ทฤษฎีเหล่านี้ต่างก็ตั้งอยู่บนสมมุติฐานอันเดียวกันที่เรียกว่า *หลักจักรวาลวิทยา หรือหลักเอกภพวิทยา* (cosmological principle) ซึ่งมีอยู่ 3 ข้อ คือ

ก. เอกภพมีความสม่าเสมอในที่ทุกแห่ง (homogeneous) นั่นคือในขณะเวลาหนึ่ง ๆ ผู้สังเกตทุกคนจะเห็นเอกภพเหมือนกันหมด

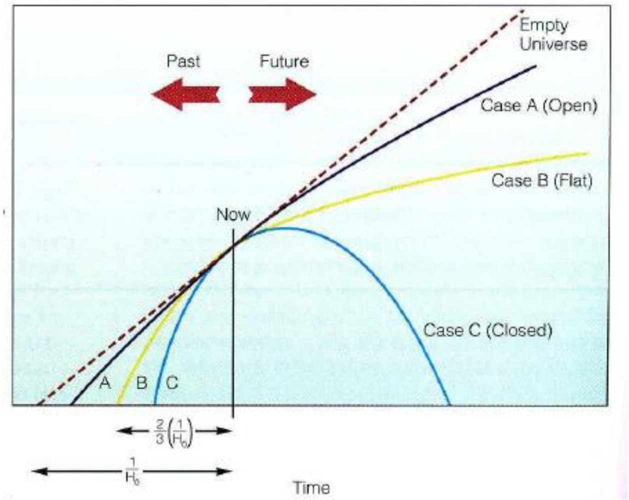
ข. เอกภพมีความสม่าเสมอในทุกทิศทาง (isotropic) นั่นคือในขณะเวลาหนึ่ง ๆ ผู้สังเกตทุกคนจะเห็นเอกภพเหมือนกันหมดทุกทิศทาง

ค. ปรากฏการณ์ของเอกภพจะขึ้นกับเวลาเท่านั้น คือไม่ขึ้นกับตาแหน่งและทิศทาง

ในปี ค.ศ. 1922 ฟรีดแมนน์ (A. Friedmann) ได้สร้างแบบจาลองของเอกภพ โดยสมมติฐานว่า

1. เอกภพมีความสม่าเสมอในทุกแห่ง และทุกทิศทาง
2. เอกภพประกอบ ฝุ่น อย่างสม่าเสมอ ฝุ่นแต่ละเม็ดก็คือกาแล็กซีหนึ่งกาแล็กซี

จากข้อสมมติฐานทั้งสองและทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ทำให้ได้เอกภพขึ้นมา 3 แบบที่กาลังมีการขยายตัว เรียกว่า เอกภพปิด (Closed) เอกภพแบน (Flat) และเอกภพเปิด (Open) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองการขยายตัวของเอกภพที่เขียนระหว่างรัศมี R และเวลา t
แบบจำลองทั้ง 3 ต่างก็กำลังขยายตัวตามที่ฮับเบิลสังเกตได้

วิวัฒนาการของเอกภพ

เอกภพของเราเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 15 พันล้านปีก่อน เริ่มจากเอกภพนั้นเป็นก้อนเล็กและร้อนทั้งยังมีขนาดน้อยกว่านิวเคลียสของอะตอม จากนั้นก็เกิดการขยายตัว (ระเบิด) โดยใช้เวลาเพียงเสี้ยววินาที จากนั้นอนุภาคต่างๆก็ถือกาเนิดในขณะที่ขยายตัวจนได้ขนาดใกล้เคียงกับโลก (ประมาณ 10-40 วินาทีจากเกิดการระเบิด) ก็มีอนุภาคมูลฐาน เช่นควาร์กและแอนติควาร์ค และพลังงานอยู่มากมาย จากนั้น (ประมาณ 10-33 วินาทีจากการระเบิด) เอกภพก็ขยายตัวต่ออย่างคงที่ ทาให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลง และก่อนที่อายุของเอกภพจะถึงสิบมิลลิวินาที ก็เกิดการรวมของอนุภาคมูลฐานเป็นนิวตรอนและโปรตอน อนุภาคที่เป็นปฏิภาคกันมารวมกันก็จะเกิดเป็นพลังงานในระบบต่อไป และหากพลังงานมารวมกันก็จะเกิดเป็นอนุภาคต่อไป จนเมื่ออุณหภูมิลดลงการเกิดพลังงานจะสูงกว่าการเกิดอนุภาค เมื่ออายุของเอกภพเข้าสู่หนึ่งวินาที อุณหภูมิก็จะเหลือเพียง หมื่นล้านองศาตอนนี้เอกภพจะประกอบด้วยพลังงาน และอนุภาคเบา เช่นอิเล็กตรอน อุณหภูมิยังคงลดลงเรื่อยๆ อิเล็กตรอนก็เริ่มหายไป จนกระทั่งเอกภพมีอายุประมาณสามนาที โปรตอนและนิวตรอนก็รวมกันเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม

จากนั้นเวลาผ่านไปอีกสามแสนปีเอกภพก็ยังคงขยายตัวและอุณหภูมิก็ลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งอุณหภูมิเหลือประมาณสามพันองศาเคลวิน อิเล็กตรอนก็สามารถรวมกับนิวเคลียสกลายเป็นอะตอมของไฮโดรเจน และฮีเลียมได้ จากนั้นเอกภพก็ขยายต่อไป จนกระทั่งปัจจุบันอุณหภูมิของเอกภพที่ตรวจสอบโดยดาวเทียมโคเบนั้นคำนวณได้ประมาณ 2.735 เคลวิน

หลังจากการเกิดบิกแบงมาสองพันล้านปี ก็จะเข้าสู่กระบวนการเกิดกาแล็กซี โดยอะตอมที่กระจายอยู่ทั่วไปนั้นก็จะดึงดูดเข้าหากันด้วยแรงโน้มถ่วง จนเกิดเป็นหมอกขนาดมหึมากลุ่มต่างๆ ซึ่งรูปร่างของเอกภพขณะนี้ก็คล้ายกับฟองน้าที่มีเนื้อสลับกับรูพรุน การเกิดกาแล็กซีจะใช้เวลาประมาณสามพันล้านปี เริ่มจากเป็นบอลก๊าซขนาดใหญ่ โดยที่ขอบด้านนอกสามารถเย็นตัวลงได้ก่อนจึงเกิดเป็นกระจุกดาว รอบๆกาแล็กซี แล้วก๊าซ
ที่เหลือก็จะจัดตัวเป็นรูปแผ่นแบนโดยแรงเหวี่ยงเนื่องจากการโคจรรอบศูนย์กลางของตัวเอง แล้วเกิดเป็นรูปร่างต่างๆ เช่น แบบทรงรี แบบกังหัน หรือแบบที่รูปร่างไม่แน่นอน ในยุคแรกของการเกิดเอกภพนั้น กาแล็กซีอยู่ใกล้กันมากจนบางครั้งเกิดการรวมกัน (ชนกัน) ขึ้น การชนกันบางครั้งทาให้ขนาดของกาแล็กซีใหญ่มากขึ้นกาแล็กซีที่เราอยู่นี้ชื่อกาแล็กซีของเรา หรือ กาแล็กซีทางช้างเผือก กาแล็กซีที่อยู่ใกล้กาแล็กซีของเรามากที่สุดคือกาแล็กซีแอนโดรเมดา

วิวัฒนาการของเอกภพ (สาหรับอ่านเพิ่มเติม)

เอกภพถือกาเนิดขึ้นมาเมื่อประมาณ 10 1.5□ 10ปีมาแล้วด้วยบิกแบง บิกแบงของเอกภพเป็นอย่างไรเหตุการณ์หนึ่งเดียวที่เป็นจุดเริ่มต้นของการขยายตัวของเอกภพจะต้องเป็นการระเบิดขนาดใหญ่โตมหึมาที่เกิดขึ้นตลอดทั่วเอกภพ

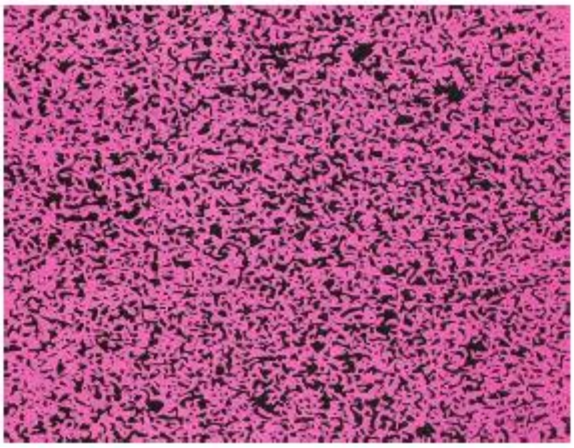
เราไม่รู้หรอกว่าชั่วขณะหนึ่งของการระเบิดนั้นเอกภพเข้าครอบครองปริมาตรขนาดเล็กๆที่เกือบจะเป็นจุด หรือครอบครองปริมาตรขนาดอนันต์ ทั้งนี้เนื่องจากเราไม่ทราบว่าขณะนั้นความหนาแน่นเฉลี่ยมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าความหนาแน่นวิกฤติ นั่นหมายความว่าเอกภพมีขนาดจากัดหรือขนาดไม่จากัด ในแต่ละกรณีขนาดของอวกาศของมันต่างหากที่มีการขยายตัวตั้งแต่บัดนั้นเป็นต้นมาในปัจจุบันนักจักรวาลวิทยาส่วนใหญ่พึ่งพอใจต่อคาอธิบายเชิงทฤษฎีของวิวัฒนาการของเอกภพตามทฤษฎีบิกแบง จนได้ชื่อว่าจนได้รับการตั้งชื่อว่าเป็นแบบจาลองมาตรฐาน มันตั้งอยู่บนพื้นฐานของการค้นพบเชิงการทดลองและความก้าวหนาเชิงทฤษฎีของฟิสิกส์พลังงานสูงอย่างมั่นคง และยังสะท้อนให้เห็นถึงการเลื่อมซ้อนที่เพิ่มขึ้นของขอบเขตการวิจัยของฟิสิกส์สองสาขานี้ในหลายปีที่ผ่านมา แบบจาลองมาตรฐานบอกเราว่าเอกภพมีพัฒนาการมาอย่างไรตั้งแต่เริ่มต้นเวลา t=0 วินาที จวบจนถึงเวลาปัจจุบัน 10 *t* □ 1.5□ 10ปี

เริ่มแรกทีเดียวแรงสี่แรงที่มีอยู่ในธรรมชาตินั้นถูกรวมเป็นแรงเพียงหนึ่งเดียว นักฟิสิกส์ประสบความสาเร็จในการพัฒนาคาอธิบายเชิงทฤษฎีโดยสามารถรวมแรงสามแรงแรกเข้าเป็นหนึ่งเดียวได้สาเร็จ หากแต่ทฤษฎีความโน้มถ่วงเชิงควอนตัมยังไม่ประสบความสาเร็จ ด้วยเหตุนี้จวบจนเอกภพที่มีความเย็นตัวลงมีการควบแน่นมีการควบแน่น ณ เวลาหลังจากบิกแบงผ่านไป 43 10□ □วินาทีโดยอุณหภูมิยังคงอยู่ในระดับ 32 10 K แรงโน้มถ่วงไม่มีความหมายใด ๆ สาหรับการอธิบายว่าอะไรเกิดขึ้น ณ เวลานี้พลังงานเฉลี่ยของอนุภาคที่ถูกสร้างขึ้นมามีขนาดประมาณ 19 10 GeV ในขณะที่เอกภพเย็นตัวลงต่อไปจนอุณหภูมิต่ากว่า 32 10 K แรงสามแรงนอกเหนือจากแรงโน้มถ่วงยังคงรวมกันเป็นหนึ่งเดียว และสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีเอกภาพที่ยิ่งใหญ่(Grand Unified Theories, GUT) ควาร์ก และเลปตอนสามารถจาแนกความแตกต่างได้ และเลขควอนตัมของมันมิได้เป็นไปตามกฎอนุรักษ์ มันเป็นห้วงเวลานี้เองที่จานวนควาร์กจานวนปฏิอนุภาคควาร์กเล็กน้อย โดยส่วนเกินคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 9 1/10 ซึ่งในที่สุดส่งผลให้เกิดขึ้นกับสสารในปัจจุบันที่เราสังเกตเห็นได้ในเอกภพ ณ เวลา 35 10□ □นาทีถัดมาหลังเกิดบิกแบง เอกภพมีการขยายตัวอย่างเพียงพอที่ทาให้เอกภพเย็นตัวลงจน

อุณหภูมิประมาณ 27 10 K ซึ่งถือเป็นอีกจุดหนึ่งของการเปลี่ยนเฟสที่บังเกิดขึ้นในขณะที่แรงแบบแรงได้ควบแน่นออกมาจากกลุ่ม คงเหลือไว้แต่แรงแม่เหล็กไฟฟ้าและแรงแบบอ่อนซึ่งยังคงร่วมเป็นหนึ่งเดียวในนามของแรงไฟฟ้าแบบอ่อน (electroweak force) ในระหว่างห้วงเวลานี้ควาร์กที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ในของผสมที่มีความหนาแน่นสูงของควาร์ก เลปตอน ปฏิยานุภาคของมัน และโฟตอนซึ่งมีจานวนเท่ากันโดยประมาณ อนุภาคเหล่านี้เริ่มรวมตัวกันเพื่อก่อตัวเป็นฮาดรอนและปฏิยานุภาคของมันรวมทั้งนิวคลิออนด้วย หลังใช้เวลาเย็นตัวลงจนอุณหภูมิประมาณ 13 10 K ด้วยเวลาประมาณ 6 10□ □วินาที ฮาดรอนส่วนใหญ่สูญหายไป สาเหตุที่เป็นเช่นนี้

เพราะว่าอุณหภูมิระดับ 13 10 K นั้นคล้องจองกับพลังงาน T=1 GeV ซึ่งเป็นพลังงานต่าสุดที่จาเป็นต้องใช้ในการสร้างนิวคลิออนและปฏิอนุภาคนิวคลิออนจากโฟตอนที่มีอยู่ผ่านปฏิกิริยาคู่อนุภาค และปฏิอนุภาคจะรวมกันเปลี่ยนเป็นพลังงานและไม่มีผลิตผลใดเกิดขึ้นแทนมัน เพียงแต่จานวน ควาร์กมีจานวนมากกว่าจานวนปฏิยานุภาคควาร์กเพียงเล็กน้อย การ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทาให้เกิด โฟตอน และเลปตอน และหลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 4 10□ □ วินาที กลุ่มอนุภาคเหล่านั้นซึ่งครั้งหนึ่งเคยมีจานวนใกล้เคียงกับปฏิอนุภาคของมันกลับมีจานวนมากกว่าจนเด่นชัดในเอกภพ นี้ถือเป็นยุกสมัยของเลปตอน (leptonera) โดยแท้ ณ เวลาที่ล่วงเลยมาจนถึง t = 10 วินาที อุณหภูมิได้ลดต่าลงถึง 10 10 K (T=1 MeV) การขยายตัวต่อไปของเอกภพ และการลดลงของอุณหภูมิทาให้พลังงานเฉลี่ยของโ ฟตอนต่ากว่าอุณหภูมิที่จาเป็นที่ต้องใช้สาหรับการฟอร์มคู่อิเล็กตรอน - โพซิตรอน ต่อมาการการประลัยจะดึงโพซิตรอนที่มีอยู่ทั้งหมดออกไปดังเช่นที่เคยเกิดขึ้นกับปฏิอนุภาคโปรตอน และปฏิอนุภาคนิวตรอนก่อนหน้านั้น ทิ้งไว้เพียงอิเล็กตรอนส่วนเกินที่มีอยู่ไม่มากนักอันเกิดจากหลักการอนุรักษ์ประจุ และยุ คสมัยของการแผ่รังสีบังเกิดขึ้น อนุภาคที่มีอยู่คือโฟตอน และนิวตริโนซึ่งมีอยู่ตั้งแต่เริ่มแรกภายในไม่กี่วินาทีถัดมา อุณหภูมิลดต่าลงจนเพียงพอต่อการหลอมโปรตอน และนิวตรอนเข้าด้วยกันเพื่อก่อเป็นนิวเคลียสที่ไม่ถูกสลายโดยรังสีในทันทีทันใด ดิวเทอเรียม ฮีเลียม และจานวนเล็กน้อยของลิเทียมถูกสร้างขึ้นมาในห้วงเวลาการสร้างนิวเคลียสนี้ แต่การขยายตัวอย่างลวดเร็วและลดอุณหภูมิลงต่าเกินกว่าการหลอมตัวดาเนินต่อไปได้ และการก่อตัวของธาตุที่หนักกว่านี้จาเป็นต้องรอจนดาวถือกาเนิดขึ้นมาเมื่อเวลาผ่านไปเนิ่นนานจนอุณหภูมิลดต่าลงประมาณ 3000 K ในขณะที่เอกภพขยายตัวจนมีขนาดประมาณ 1/1000 เท่าของปัจจุบันค่า T ลดต่ากว่าพลังงานแตกตัวเป็นอิออนของอะตอม อะตอมจะเริ่มก่อตัวขึ้นมา ต่อมาการขยายตัวของเอกภพทาให้เกิดการเลื่อนไปทางแดงของ

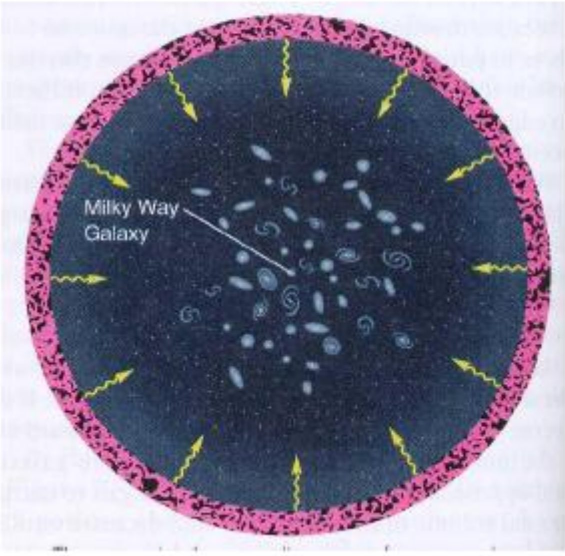
สเปกตรัมของสนามรังสี นั่นคือพลังงานรวมของการแผ่รังสีประมาณเท่ากับพลังงานที่แทนด้วยมวลที่เหลืออยู่ทั้งหมด ในขณะที่การหดตัวและการเย็นตัวดาเนินต่อไปนั้น พลังงานของรังสีที่มีการเลื่อนไปทางแดงอย่างสม่าเสมอของสเปกตรัมลดค่าต่าลงอย่างต่อเนื่อง ณ เวลานี้ t □ 1.5□ 101ปี สสารกลับมาโดดเด่นในเอกภพด้วยความหนาแน่นพลังงานสูงกว่าพลังงานรังสี



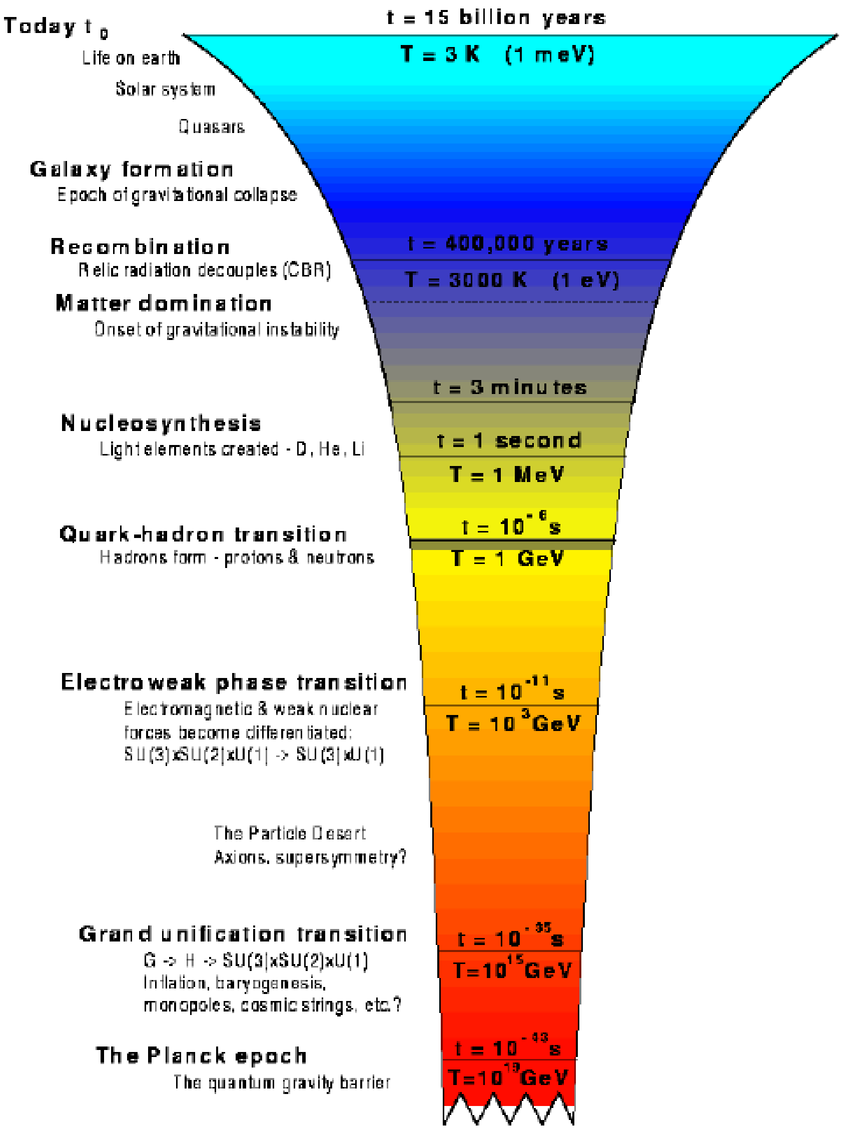
รูปที่ 2 บริเวณของเอกภพระหว่างบิกแบง จะเต็มไปด้วยแก๊สร้อน (hot gas) และรังสี



รูปที่ 3 บริเวณของเอกภพในปัจจุบัน หลังจากแก๊สรวมตัวกันเป็นกาแล็กซี



รูปที่ 4 เอกภพในปัจจุบันที่ปรากฏจากกาแล็กซีของเรา เราจะเห็นกาแล็กซีที่อยู่ห่าง ไกลออกไปเป็นกาแล็กซีเกิดใหม่ (ที่เป็นจุด) และที่ไกลออกไปมาก ๆ เราจะเห็นรังสี (ที่เป็นลูกศร)

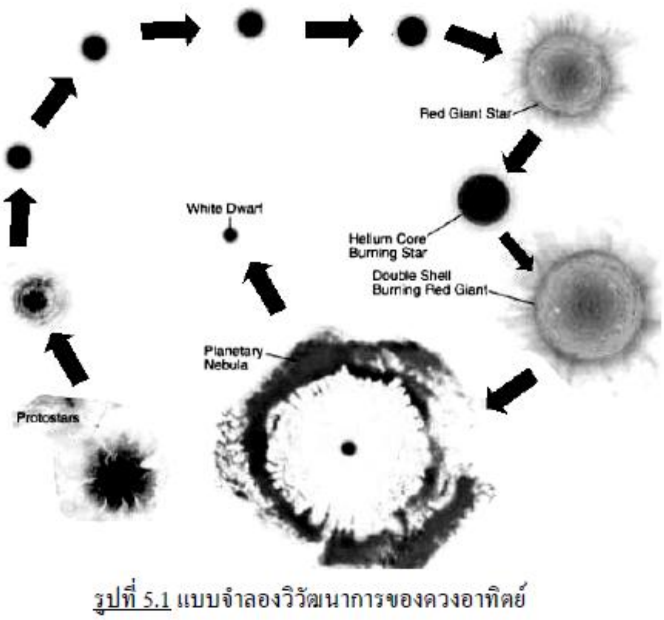


แสดงขั้นตอนการวิวัฒนาการของเอกภพตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน

การก่อกำเนิดและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

หลังจากที่ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพทั้งภายนอกและภายในของดาวฤกษ์แล้วพบว่าดาวฤกษ์ที่พบเห็นได้บนท้องฟ้ารวมไปถึงดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยกลุ่มก๊าซร้อนจัดโดยมีก๊าซไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของดาวและแผ่พลังงานมาจากการเผาผลาญไฮโดรเจนที่ใจกลางดาวโดยปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ นักดาราศาสตร์พบว่าปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ภายในใจกลางของดาวฤกษ์ไม่ได้มีขึ้นตลอดไปแต่มีเฉพาะในช่วงชีวิตหนึ่งของดาวฤกษ์เท่านั้น เช่น ดวงอาทิตย์ในสมัยเมื่อ 4,500 ล้านปีที่แล้วเป็นดาวที่เพิ่งเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้น ก่อนหน้านั้นแล้วดวงอาทิตย์ยังเป็นกลุ่มก๊าซที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนเป็นหลักและโมเลกุลบางโมเลกุล เรียกกลุ่มก๊าซนี้ว่า“สารระหว่างดาว” (interstellar matter) แต่เมื่อบางบริเวณของสารระหว่างดาวถูกรบกวน บริเวณดังกล่าวจะเกิดการยุบตัวขึ้นโดยแรงดึงดูดระหว่างมวลและดึงก๊าซบริเวณรอบๆ ให้มาจับกลุ่มกันเป็นก้อน (globule) เมื่อก๊าซถูกจับกลุ่มและบีบอัดเข้าเรื่อยๆ ทำให้เกิดความร้อนที่ใจกลางกลุ่มก๊าซขึ้นทั้งนี้ยิ่งกลุ่มของก๊าซมีการจับกลุ่มกันด้วยมวลมากเท่าใด ใจกลางของกลุ่มก๊าซก็จะมีอุณหภูมิสูงยิ่งขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีอุณหภูมิเพียงพอที่จะจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้นมาได้ (ประมาณ 80 ล้านเคลวิน) เกิดเป็นดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ดวงอื่นๆ ขึ้นมาในอวกาศอันว่างเปล่าปัจจุบันดวงอาทิตย์ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์มาประมาณ4,500 ล้านปีแล้ว นักดาราศาสตร์คาดการณ์ว่าปริมาณในการใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนของดวงอาทิตย์

ในการหลอมรวมเป็นอะตอมฮีเลียมและปลดปล่อยพลังงานออกมานั้น จะอยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรเจนที่ดวงอาทิตย์มีอยู่ และดวงอาทิตย์จะเผาผลาญไฮโดรเจนปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์นั้นภายในระยะเวลา 9,000 ล้านปี นั่นหมายความว่ายังคงเหลืออีกประมาณ 4,500 ล้านปีตราบที่ดวงอาทิตย์จะใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมด เมื่อถึงเวลานั้นปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ภายในใจกลางดวงอาทิตย์จะอ่อนแรงลงทำให้แรงโน้มถ่วงสามารถเอาชนะแรงดันจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ได้ ทำให้ใจกลางของดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นธาตุฮีเลียมอันเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์และบริเวณรอบๆ ใจกลางซึ่งเป็นไฮโดรเจนเกิดการยุบตัวลงและมีความร้อนมากยิ่งขึ้นเรื่อยๆ บริเวณรอบๆ ใจกลางที่ตอนแรกยังมีอุณหภูมิต่ำกว่า 80 ล้านเคลวินเกิดความร้อนจนมีอุณหภูมิเพียงพอที่จะจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์โดยใช้ไฮโดรเจนในบริเวณนั้นเป็นเชื้อเพลิงได้ ยังผลให้ใจกลางของดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นฮีเลียมถูกดันให้ยิ่งยุบตัวลงไปอีก ในขณะที่เปลือกของดวงอาทิตย์ก็ถูกดันให้ขยายตัวออกในแนวรัศมีจนกระทั่งกลืนกินดาวพุธและดาวศุกร์ และเปลี่ยนเป็นสีแดง เรียกสภาวะในขณะนั้นของดวงอาทิตย์ว่า “ดาวยักษ์แดง” (red giant star) ใจกลางที่เป็นฮีเลียมเมื่อยุบตัวลงเรื่อยๆ อุณหภูมิก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมจนสามารถจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ขึ้นมาอีก แต่คราวนี้ใช้เชื้อเพลิงเป็นฮีเลียม 3 อะตอมหลอมรวมกันเป็นธาตุคาร์บอนที่ใจกลาง ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีความร้อนสูงจนถึงระดับหลายร้อยล้านเคลวิน จนกระทั่งสุดท้ายแล้วหลังจากที่ใจกลางเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนเกือบหมด ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่ใช้ฮีเลียมเป็นเชื้อเพลิงจะอ่อนแรงลง แรงดึงดูดที่มากกว่าเดิมจะทำให้ใจกลางดาวยุบตัวลงไปเรื่อยๆ จนหนาแน่นมาก ในขณะทีรอบๆ ใจกลางยังมีการใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงทำให้เปลือกดาวเกิดการถ่ายเทมวลสารแผ่ออกสู่อวกาศในลักษณะวงแหวนโดยทั้งใจกลางดาวกับเปลือกดาวจะแยกจากกันอย่างชัดเจน ส่วนของใจกลางดาวจะยุบตัวจนเป็นดาวคาร์บอนที่มีความหนาแน่นสูงมาก เรียกว่าดาวแคระขาว(white dwarf) ซึ่งมีความหนาแน่นขนาดที่ปริมาตรเพียง 1 ช้อนชาจะมีมวลเท่ากับรถยนต์สิบคัน และในส่วนเปลือกดาวจะแผ่ขยายออกสู่อวกาศไปเรื่อยๆ ในลักษณะวงแหวน เรียกว่า เนบิวลาดาวเคราะห์ (planetary nebula) ซึ่งเ มื่อ เวลาผ่านไปเรื่อยๆเนบิวลาดังกล่าวจะแผ่ขยายออกไปจนกลายเป็นกลุ่มก๊าซ



รูปที่ 5.1 แบบจำลองวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์

ที่พร้อมจะยุบตัวให้กำเนิดดาวฤกษ์ได้อีก วิวัฒนาการของดวงอาทิตย์ตั้งแต่ยังเป็นกลุ่มก๊าซจนกระทั่งจบลงที่ดาวแคระขาวได้ถูกแสดงเป็นแบบจำลองดัง รูปที่ 5.1ทั้งนี้ทั้งนั้นสำหรับดวงอาทิตย์ซึ่งมีมวลประมาณ 1.989 x 1033 กรัม ยังถือว่าเป็นดาวฤกษ์มวลน้อย ยังมีดาวฤกษ์อีกหลายดวงที่มีมวลมากกว่าดวงอาทิตย์หลายเท่า โดยบรรดาดาวฤกษ์มวลมากเหล่านี้จะมีวิวัฒนาการในช่วงสุดท้ายแตกต่างจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะได้ศึกษาในบทนี้ต่อไป

สารระหว่างดาวและการก่อกำเนิดดาวฤกษ์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่านอกเสียจากดาวฤกษ์ ในอวกาศยังมีกลุ่มก๊าซที่กระจัดกระจายอยู่ระหว่างดาวฤกษ์ด้วย เรียกกลุ่มก๊าซดังกล่าวว่า “สารระหว่างดาว” (interstellar medium) หรือเนบิวลารูปที่ 5.1 แบบจำลองวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์(nebula) โดยสารระหว่างดาวเป็นกลุ่มก๊าซที่ไม่มีแสงสว่างในตัวเองแต่บางครั้งสามารถสังเกตเห็นกลุ่มก๊าซบางกลุ่มมีแสงสีที่สวยงาม แสงดังกล่าวนี้มาจากการที่กลุ่มก๊าซดูดกลืนแสงจากดาวฤกษ์บริเวณใกล้เคียงและกระเจิงแสงออกมา ส่วนสารระหว่างดาวบางกลุ่มก็ไม่สามารถสังเกตเห็นได้เนื่องจากไม่ได้รับแสงจากดาวฤกษ์ดวงใดเลย เรียกกลุ่มก๊าซบริเวณนี้ว่า “สสารมืด” (dark matter) แต่อย่างไรก็ตามสารระหว่างดาวซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซไฮโดรเจน เมื่อถูกรบกวนในสภาวะที่เหมาะสมแล้ว บางบริเวณของกลุ่มก๊าซจะมีการยุบตัวและดึงดูดก๊าซบริเวณรอบๆ ให้มารวมตัวกันเมื่อเกิดการบีบอัดของกลุ่มก๊าซหนาแน่นขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ใจกลางของกลุ่มก๊าซเกิดความร้อนขึ้นพิจารณาพลังงานศักย์ในการยุบตัวของกลุ่มก๊าซ

โดย Mc = Mp ตามกฎการอนุรักษ์มวลสารของระบบ พลังงานความร้อนดังกล่าวยังมีอุณหภูมิไม่พอที่จะจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 80 ล้านเคลวิน แต่ถึงอย่างไรก็ตามพลังงานความร้อนนี้สามารถทำให้สภาพก่อนดาวฤกษ์ปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านอินฟราเรดได้ ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ว่าการยุบตัวของสารระหว่างดาวในกระบวนการก่อกำเนิดสภาพ ก่อนดาวฤกษ์นั้นมีเงื่อนไขอย่างไร โดยในเบื้องต้นจะไม่คิดผลอันเนื่องมาจากการหมุนรอบตัวเองของกลุ่มก๊าซและผลของสนามแม่เหล็กของกาแลกซี่ที่อาจมีต่อกลุ่มก๊าซสำหรับเงื่อนไขที่ทำให้กลุ่มก๊าซบริเวณรอบๆ เกิดการยุบตัวได้จำเป็นต้องพิจารณาว่ากลุ่มก๊าซดังกล่าวมีพลังงานจลน์มากพอที่จะเอาชนะ ค่าสัมบูรณ์ของพลังงานที่ใช้ในการยุบตัวของดาวดังสมการ (4.4) หรือไม่ โดยถ้ากลุ่มก๊าซที่พิจารณาเกิดมีพลังงานจลน์มากกว่าแล้วจะไม่ก่อให้เกิดสภาวะการยุบตัวของกลุ่มก๊าซได้เนื่องจากกลุ่มก๊าซดังกล่าวจะมีความเร็วมากพอ ที่จะหลุดออกจากอิทธิพลของแรงดึงดูดจากมวลหลักในใจกลางกลุ่มก๊าซทำให้ไม่มีมวลสารมากพอที่จะรวมเป็นสภาพก่อนดาวฤกษ์ ดังนั้นเงื่อนไขการยุบตัวเพื่อก่อกำเนิดสภาพก่อนดาวฤกษ์สามารถเขียนได้เป็นK.E. < E (5.6)ซึ่งพลังงานในการยุบตัวของกลุ่มก๊าซจะต้องมากกว่าพลังงานจลน์ของกลุ่มก๊าซบริเวณรอบๆสำหรับพลังงานจลน์ดังกล่าว

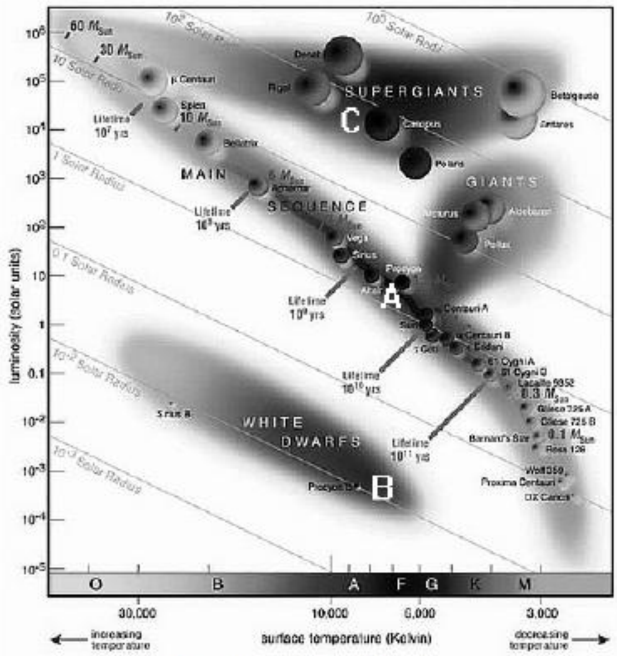
พิจารณาจากทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ซึ่งถ้าสมมติให้กลุ่มก๊าซดังกล่าวประพฤติตัวตามก๊าซในอุดมคติ (ideal gas) Rj คือรัศมีที่น้อยที่สุดที่กลุ่มก๊าซจะยุบตัวได้ เรียกว่า “รัศมีของจีนส์” (Jeans radius) โดยกลุ่มก๊าซเริ่มต้นจะต้องมีอยู่ด้วยรัศมีที่มากกว่ารัศมีของจีนส์ จึงจะก่อให้เกิดเงื่อนไขการยุบตัวของกลุ่มก๊าซไปเป็นสภาพก่อนดาวฤกษ์ได้

ในขณะที่กลุ่มก๊าซยุบตัวจนเป็นสภาพก่อนดาวฤกษ์ กลุ่มก๊าซจะเริ่มมี “opacity” มากยิ่งขึ้นเรื่อยๆ ที่บริเวณใจกลางส่งผลให้การยุบตัวของกลุ่มก๊าซบริเวณรอบๆ สู่ใจกลางลดลงมาก จนถือได้ว่าอัตราการยุบตัวของกลุ่มก๊าซมีปริมาณเท่ากับอัตราความดันจากใจกลาง (สภาวะสมดุลทางอุทกสถิตยศาสตร์ : Hydrostatic equilibrium) พลังงานความร้อนจากการยุบตัวส่งถ่ายออกสู่ภายนอกได้น้อยมาก เนื่องจากกลุ่มก๊าซจะกักเก็บพลังงานความร้อนไว้แทน ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านอินฟราเรดที่ผลิตออกมาจากใจกลางดาวมีอัตราการส่งถ่ายออกมาที่ผิวดาวฤกษ์น้อยลง อีกทั้งก๊าซที่มีopacity มากจะกักเก็บความร้อนไว้ให้มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นการส่งถ่ายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากในตอนแรกซึ่งเป็นการส่งถ่ายการแผ่รังสีค่อยๆ เปลี่ยนเป็นการส่งถ่ายแบบการพาพลังงาน ในช่วงนี้จะกินเวลาประมาณ 1 ล้านปีก่อนที่ใจกลางกลุ่มก๊าซจะมีอุณหภูมิเพียงพอที่จะจุดปฏิกริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ได้ ซึ่งหลังจากเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์แล้ว กลุ่มก๊าซที่มี opacity มากจะถูกพลังงานจากปฏิกิริยาผลักออกจนเริ่มมีความโปร่งมากขึ้น ในช่วงนี้กลุ่มก๊าซจะมีการสูญเสียมวลบางส่วนพ่นออกมาและเข้าสู่การเป็นดาวฤกษ์อย่างสมบูรณ์ต่อไป

2. แผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซล

แผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซล (Hertzsprung-Russell diagram) เป็นแผนภาพที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (absolute magnetude) กับชนิดของสเปกตรัม (spectraltype) ของดาวฤกษ์แต่ละดวง ซึ่งสามารถนำแผนภาพดังกล่าวมาใช้ศึกษาเส้นทางการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลต่างกันได้เป็นอย่างดี ถูกค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ เอจนาร์ เฮิทซ์ปรุง (Ejnar Hertzsprung) ในปีค.ศ. 1911 โดยเขาได้ทำการเปรียบเทียบสีกับความสว่างของดาวในกระจุกดาวหลายกระจุกโดยนำเอาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์กับสีของดาวมาพล็อตเทียบกันด้วยความแม่นยำสูง ต่อมานักดาราศาสตร์ชาวอเมริกันชื่อ เฮนรี นอร์ริส รัสเซล ก็ได้ศึกษาเรื่องของดาวในทำนองเดียวกันเมื่อปี ค.ศ.

1913 ผลการศึกษาของเฮิทซ์ปรุงและรัสเซลพบว่าดาวฤกษ์ส่วนใหญ่มีตำแหน่งบนแผนภาพอยู่บนแถบที่เรียกว่า “แถบกระบวนหลัก” (main sequence) โดยดาวฤกษ์ที่มีชนิดของสเปกตรัมในช่วงต้นจะมีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์น้อย (ดาวสว่างมาก) และดาวฤกษ์ที่มีชนิดของสเปกตรัมในช่วงท้ายจะมีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์มาก (ดาวสว่างน้อย) แผนภาพดังกล่าวนี้เป็นแนวทางนำมาสู่การค้นพบอันสำคัญยิ่งเกี่ยวกับการศึกษาวิวัฒนาการของดาวลักษณะสำคัญของดาวฤกษ์ที่นำมาพล็อตในแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซล นอกจากดาวฤกษ์ส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบกระบวนหลักแล้ว ก็ยังพบดาวจำนวนไม่น้อยที่มีตำแหน่งอยู่เหนือแถบกระบวนหลักไปทางบนขวา ดัง รูปที่ 5.2 ซึ่งดาวดังกล่าวมีสมบัติคืออุณหภูมิต่ำ สว่างมาก เรียกดาวพวกนี้ว่า “ดาวยักษ์” (giant stars) ตำแหน่งในแผนภาพอีกตำแหน่งที่มีดาวจำนวนไม่น้อยคือบริเวณเหนือแถบกระบวนหลักขึ้นไปด้านบนสุด ซึ่งมีความสว่างมากกว่าดาวยักษ์ เรียกว่า “ดาวยักษ์ใหญ่”(supergiant stars) นอกจากนี้ยังมีดาวบางกลุ่มอยู่ในตำแหน่งมุมซ้ายล่างซึ่งดาวดังกล่าวมีสมบัติคืออุณหภูมิสูงแต่สว่างน้อย เรียกว่า ดาวแคระขาว (white dwarfs) ทั้งดาวยักษ์, ดาวยักษ์ใหญ่ และดาวแคระขาวต่างก็เป็นดาวที่อยู่นอกแถบกระบวนหลัก โดยตำแหน่งดาวดังกล่าวในแผนภาพไม่ได้บ่งถึงตำ แหน่งดาวบนท้องฟ้า แต่จะแสดงถึงชนิดของดาวที่แบ่งตามอุณหภูมิและความสว่างซึ่งเป็นสมบัติของดาวแต่ละดวงนอกจากจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ในแกนตั้งและชนิดของสเปกตรัมในแกนนอนแล้วในแกนตั้งยังสามารถกำหนดเป็นค่ากำลังส่องสว่าง (luminosity) และแกนนอนยังสามารถกำ หนดเป็นค่าอุณหภูมิยังผล(effective temperature) หรือ ค่าดัชนีสี(color index) ได้อีก ดังนั้นถ้าพิจารณา



รูปที่ 5.2 แผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซล

แผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลที่มีแกนตั้งเป็นกำลังส่องสว่าง และแกนนอนเป็นอุณหภูมิยังผลดัง รูปที่5.2 พบว่าถ้ามีดาวสามดวงอยู่ที่ตำแหน่ง A, B และ C ซึ่งดาวทั้งสามดวงมีค่าอุณหภูมิยังผลเท่ากัน แต่ดาวในตำแหน่ง C มีกำลังส่องสว่างมากที่สุด รองลงมาคือดาวในตำแหน่ง A และ B ตามลำดับ ดาวในตำแหน่ง C จะมีรัศมี R มากที่สุด และดาวในตำแหน่ง B จะมีรัศมี R น้อยที่สุดเมื่อเทียบกันทั้งสามดวง ซึ่งจากสมการดังกล่าว ถ้ากำหนดให้รัศมีของดาวฤกษ์คงที่อาจเขียนเส้นกราฟรัศมีคงที่เป็นเส้นทแยงในแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลได้ดังแสดงใน รูปที่ 5.2นอกจากรัศมีแล้ว ถ้าหามวลของดาวฤกษ์ที่ดาวในตำแหน่งต่างๆ จะพบว่ายิ่งกำลังส่องสว่างมีค่าเพิ่มขึ้น มวลของดาวฤกษ์ที่ตำแหน่งนั้นก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นดาวฤกษ์ที่อยู่ในช่วงต้นของแถบกระบวนหลักจะเป็นดาวฤกษ์มวลมาก และดาวฤกษ์ที่อยู่บริเวณช่วงท้ายของแถบกระบวนหลักจะเป็นดาวฤกษ์มวลน้อย

ถ้าพิจารณาแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลตามแนวดิ่งซึ่งมีชนิดของสเปกตรัมคงที่แล้ว ก็ยังพบว่าในแต่ละชนิดของสเปกตรัมค่าต่างๆ ก็ยังมีกำลังส่องสว่างไม่เหมือนกันต่อมานักดาราศาสตรก็พบว่าสามารถแบ่งดาวที่มีชนิดของสเปกตรัมหนึ่งๆ ออกเป็นประเภทย่อยได้อีก 6 ประเภทตามกำลังส่องสว่าง (luminosity class) ซึ่งมีดังต่อไปนี้

Ia ดาวยักษ์ใหญ่ที่สว่างที่สุด (brightest supergiants)

Ib ดาวยักษ์ใหญ่ที่สว่างรองลงมา (less luminous supergiants)

II ดาวยักษ์ที่สว่างมาก (bright giants)

III ดาวยักษ์ (giants)

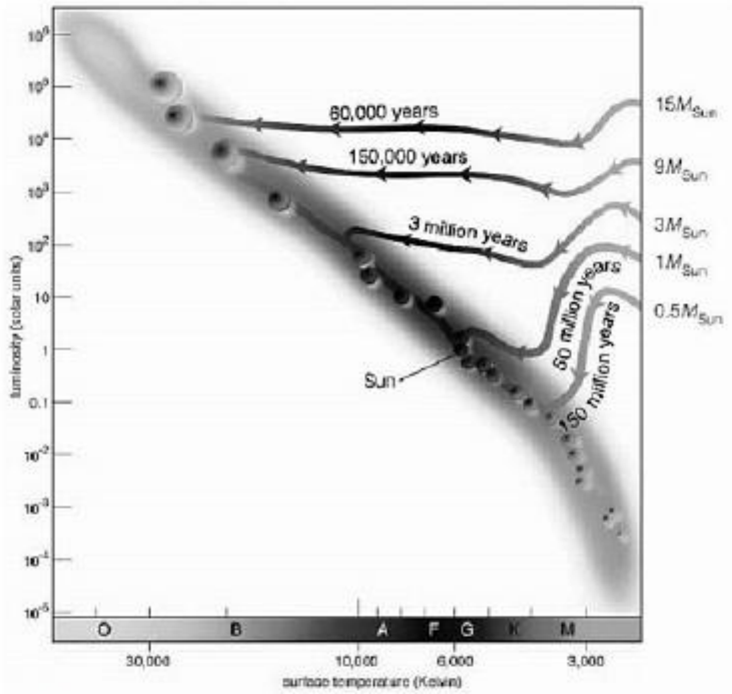
IV ดาวยักษ์เล็ก (subgiants)

V ดาวในแถบกระบวนหลัก (main sequence stars)

เช่น ดวงอาทิตย์มีชนิดของสเปกตรัม G2 และเป็นดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก จึงสามารถเขียนชนิดของสเปกตรัมในประเภทย่อยลงไปอีกเป็น G2V เป็นต้น

คุณสมบัติของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก

หลังจากกลุ่มก๊าซระหว่างดาวมีการยุบตัวจนเกิดความร้อนขึ้นภายในใจกลาง ถ้าอุณหภูมิบริเวณใจกลางกลุ่มก๊าซที่มีสภาพก่อนดาวฤกษ์ร้อนไม่ถึง 80 ล้านเคลวินแล้ว จะไม่สามารถจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่ใจกลางกลุ่มก๊าซ ดังนั้นกลุ่มก๊าซนั้นจะไม่กลายสภาพเป็นดาวฤกษ์ได้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการยุบตัวของกลุ่มก๊าซจะค่อยๆ ถ่ายเทออกจากใจกลาง ทำให้กลุ่มก๊าซค่อยๆเย็นลงเรื่อยๆ เรียกสภาวะดังกล่าวว่า “ดาวแคระน้ำตาล” (brown dwarfs) กรณีศึกษาของดาวแคระน้ำตาลคือ ดาวพฤหัส ซึ่งปัจจุบันเป็นดาวเคราะห์หนึ่งในระบบสุริยะ นักดาราศาสตร์บางท่านเคยทำนายว่าแต่เดิมดาวพฤหัสเกิดมาจากกลุ่มก๊าซเดียวกับกลุ่มก๊าซที่ให้กำเนิดดวงอาทิตย์ แต่เนื่องจากดาวพฤหัสในอดีตมีมวลน้อยเกินไปทำให้ไม่สามารถจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์เป็นดาวฤกษ์ได้ จึงกลายสภาพเป็นดาวเคราะห์ที่ประกอบด้วยกลุ่มก๊าซดังเช่นทุกวันนี้ แต่ถ้าสมมติดาวพฤหัสในอดีตมี มวลมากกว่า 0.5 เท่าของมวลดวงอาทิตย์แล้ว ปัจจุบันระบบสุริยะควรจะเป็นระบบดาวคู่เช่นเดียวกับระบบดาวคู่ที่สังเกตการณ์ได้ในกรณีกลุ่มก๊าซที่มีสภาพก่อนดาวฤกษ์มีอุณหภูมิที่ใจกลางสูงกว่า 80 ล้านเคลวิน กลุ่มก๊าซดังกล่าวจะวิวัฒนาการเข้าสู่แถบกระบวนหลัก กระบวนการเผาไหม้ไฮโดรเจนบริเวณใจกลางจะ



รูปที่ 5.3 เส้นทางการวิวัฒนาการสู่แถบกระบวนหลักในขั้นตอนการก่อกำเนิดดาวฤกษ์

เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และเริ่มนับอายุของดาวฤกษ์ ณ จุดนี้ ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ที่กลุ่มก๊าซเริ่มยุบตัวจนกระทั่งเป็นดาวฤกษ์จะแปรผันกับมวลของดาวฤกษ์ โดยสำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวล 0.5 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะใช้ระยะเวลาประมาณ 150ล้านปีจากกลุ่มก๊าซเป็นดาวฤกษ์ แต่สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวล 10 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะใช้เวลาเพียง 60,000 ปี เท่านั้น ถ้าพิจารณาดัง รูปที่ 5.3 จากแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซล ดาวฤกษ์มวลต่างๆ จะมีเส้นทางวิวัฒนาการจากด้านซ้ายสุดซึ่งเป็นแถบที่เรียกว่า “เส้นทางฮายาชิ” (Hayashi track) มาทางซ้ายเรื่อยๆ (อุณหภูมิยังผลเพิ่มขึ้น) หลังจากอุณหภูมิยังผลลดลงเรื่อยๆ เส้นทางวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ในช่วงก่อนเข้าสู่แถบกระบวนหลักในแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลจะเคลื่อนที่เข้าสู่ “แถบกระบวนหลักที่อายุเป็นศูนย์”(zero-age main sequence, ZAMS) ซึ่งเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่แถบกระบวนหลักของดาวฤกษ์มวลต่างๆหรือเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์เผาไหม้ไฮโดรเจน สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยกว่า 1.2 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ บริเวณใจกลางจะมีการส่งถ่ายพลังงานแบบการแผ่รังสี (radiative zone) และบริเวณขอบของดาวมีการส่งถ่ายพลังงานแบบพาพลังงาน (convective zone) โดยการผลิตพลังงานบริเวณใจกลางจะเกิดขึ้นด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบลูกโซ่โปรตอน-โปรตอน (proton-proton chain)ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป ในขณะที่ดาวฤกษ์มวลมากกว่า 1.2 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ บริเวณใจกลางกลับมีการส่งถ่ายพลังงานแบบพาพลังงาน (convective zone) และบริเวณขอบของดาวมีการส่งถ่ายพลังงานแบบการแผ่รังสี (radiative zone) โดยการผลิตพลังงานบริเวณใจกลางจะเกิดขึ้นด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบวัฏจักรซีเอ็นโอ (CNO cycle) แทน

ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบลูกโซ่โปรตอน-โปรตอน (proton-proton chain)

เป็นปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิประมาณ 80 ล้านเคลวินและมีสภาวะเหมาะสม โดยอะตอมไฮโดรเจน 4 อะตอมจะหลอมรวมกันเป็นอะตอมฮีเลียมหนึ่งอะตอมสำหรับปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นครั้งเดียว ดังนี้

$$4\,^1_1\mathrm{H} \rightarrow \,^4_2\mathrm{He} + e^+ + \nu + \text{energy}$$

ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนจะมีโอกาสเกิดได้สามแบบดังนี้คือ

- **PPI** (โอกาสเกิด 69%)

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + e^{+} + \nu$$

$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + energy$$

$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + 2^{1}_{1}H$$

- **PPII** (โอกาสเกิด 31%)

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + e^{+} + \nu$$

$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + energy$$

$$^{3}_{2}He + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{7}_{4}Be + energy$$

$$^{7}_{4}Be + e^{-} \rightarrow ^{7}_{3}Li + \nu$$

$$^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow 2^{4}_{2}He$$

- **PPIII**

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + e^{+} + \nu$$

$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + energy$$

$$^{3}_{2}He + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{7}_{4}Be + energy$$

$$^{7}_{4}Be + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{8}_{5}B + energy$$

$$^{8}_{5}B \rightarrow ^{8}_{4}Be + e^{+} + \nu$$

$$^{8}_{4}Be \rightarrow 2^{4}_{2}He$$

ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบวัฏจักรซีเอ็นโอ (CNO cycle)

เป็นปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่สามารถเกิดขึ้นโดยอะตอมไฮโดรเจน 4 อะตอมจะหลอมรวมกันเป็นอะตอมฮีเลียมหนึ่งอะตอมเช่นเดียวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนแต่มีธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน และออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสมการทางเคมีจะเป็นดังนี้

$${}^{12}_{6}C + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{13}_{7}N + \text{energy}$$
$${}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + e^{+} + \nu$$
$${}^{13}_{6}C + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{14}_{7}N + \text{energy}$$
$${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{15}_{8}O + \text{energy}$$
$${}^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + e^{+} + \nu$$

$${}^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He$$

$${}^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{16}_{8}O + \text{energy}$$
$${}^{16}_{8}O + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{17}_{9}F + \text{energy}$$
$${}^{17}_{9}F \rightarrow {}^{17}_{8}O + e^{+} + \nu$$
$${}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He$$

ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบวัฏจักรซีเอ็นโอจะเกิดขึ้นได้ 2 แบบดังสมการโดยช่วงอุณหภูมิที่สามารถจุดปฏิกิริยานี้ได้อยู่ที่ประมาณ 100 ล้านเคลวิน ปฏิกิริยาชนิดนี้จึงมักเกิดภายในใจกลางดาวฤกษ์ที่มีมวลตั้งแต่ 1.2 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ขึ้นไป ซึ่งดาวมวลมากดังกล่าวจะมีความหนาแน่นที่ใจกลางมากและอุณหภูมิสูง*ดังตัวอย่าง*แสดงว่าสำหรับปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนภายในใจกลางดวงอาทิตย์ จะใช้เวลาประมาณ 1010 ปีหลังจากที่ใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่บริเวณใจกลางดาวหมดไป 10% ของปริมาณไฮโดรเจนทั้งหมดบนดวงอาทิตย์ ถ้าสมมติว่าดวงอาทิตย์ประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจนเพียงอย่างเดียว

พลังงานดังกล่าวเกิดจากการที่ไฮโดรเจน 4 อะตอมหลอมเป็นฮีเลียม 1 อะตอมซึ่งเป็นผลผลิต
จาก ปฏิกิริยาลูกโซ่โปรตอน-โปรตอนเพียง 1 ปฏิกิริยารวมเท่านั้น นั่นคือ โดยเฉลี่ยแล้ว ไฮโดรเจน 1
อะตอมจะให้พลังงาน

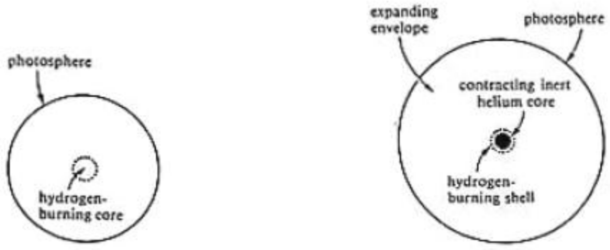
4 E = 1 (26.71 MeV) = 6.678 MeV

จำนวนอะตอมไฮโดรเจนที่จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับปฏิกิริยาดังกล่าว คือปริมาณ 10%
ของปริมาณไฮโดรเจนทั้งหมดบนดวงอาทิตย์ ดังนั้น พลังงานนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดเมื่อใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหมดไป
10% ของ ไฮโดรเจนทั้งหมดคือ= 1010 ปี

การวิวัฒนาการของดาวฤกษ์หลังจากแถบกระบวนหลัก

ดาวฤกษ์ที่ไฮโดรเจนบริเวณใจกลางเริ่มขาดแคลนหลังจากถูกนำไปใช้หลอมเป็นฮีเลียม จะมีอัตราการผลิตพลังงานน้อยลงทั้งๆที่พลังงานยังคงสูญเสียออกจากดาวอย่างสม่ำเสมอ ดาวฤกษ์ดังกล่าวจึงเริ่มมีวิวัฒนาการออกจากแถบกระบวนหลัก และจะเริ่มยุบตัวลงอันเนื่องมาจากมวลที่บริเวณใจกลางมากขึ้นแรงดึงดูดจึงมากขึ้นตามไปด้วยในขณะที่แรงดันจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ลดลง โดยใจกลางดาวฤกษ์จะยุบตัวด้วยอัตราเร่งมากกว่าผิวดาว ดังนั้นบริเวณรอบๆ ใจกลางดาวฤกษ์ซึ่งยังมีไฮโดรเจนห่อหุ้มอยู่รอบๆ แกนกลางซึ่งเป็นฮีเลียมจะยุบตัวอย่างรวดเร็วและมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ

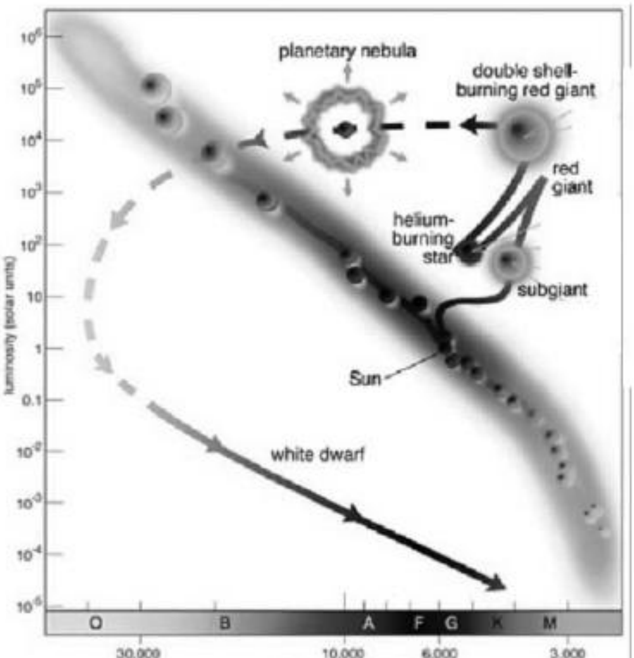
ความร้อนดังกล่าวสามารถเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่สามารถจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์แบบเผาไหม้ไฮโดรเจนบริเวณรอบๆ แกนกลาง (hydrogen-burning shell) ได้อีก การเผาไหม้ไฮโดรเจนบริเวณรอบแกนกลางเป็นฮีเลียมจะทำให้เกิดแรงดันซึ่งจะไปดันให้แกนกลางฮีเลียมยุบตัวลงไปอีก นอกจากนั้นยังจะดันให้เปลือกดาวมีการขยายตัวไปได้อีกด้วย



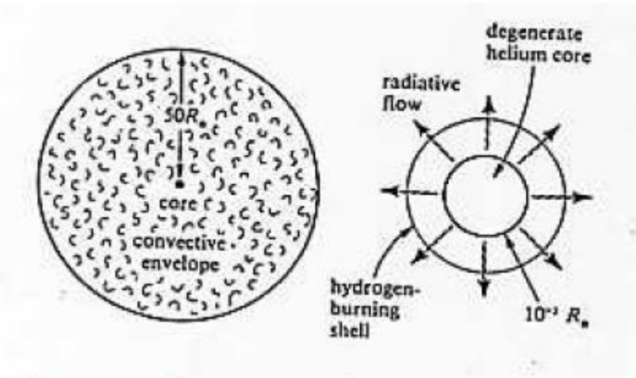
(ก) ในแถบกระบวนหลัก (ข) หลังแถบกระบวนหลัก

รูปที่ 5.4 โครงสร้างของดาวฤกษ์มวลน้อย (ก) ในแถบกระบวนหลัก (ข) หลังแถบกระบวนหลัก

เมื่อเปลือกดาวมีการขยายตัว ในขณะที่ดาวฤกษ์ยังคงรักษาระดับการส่งถ่ายพลังงานให้คงที่จะทำให้อุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์มีค่าลดลง เป็นเหตุให้ดาวฤกษ์เริ่มปรากฏเป็นสีแดงดังนั้นหลังจากที่ดาวฤกษ์มีเส้นทางวิวัฒนาการออกจากแถบกระบวนหลักผ่าน ZAMS แล้วเส้นทางวิวัฒนาการของดาวฤกษ์จะเริ่มไปตามแกนอุณหภูมิในทิศทางที่อุณหภูมิต่ำลง ดัง รูปที่5.5



รูปที่ 5.5 เส้นทางวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์หลังออกจากแถบกระบวนหลัก

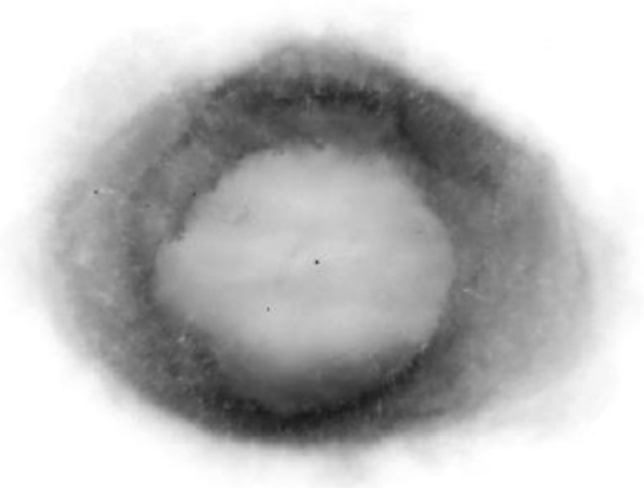


รูปที่ 5.6 โครงสร้างของดาวยักษ์แดงและบริเวณแกนกลาง

โดยเรียกบริเวณเส้นทางวิวัฒนาการดังกล่าวนี้ว่า“แขนงใต้ยักษ์แดง” (subgiant branch, SGB)อย่างไรก็ตาม หลังจากที่ปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์บริเวณรอบใจกลางดันให้รัศมีเปลือกดาวขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นที่บริเวณเปลือกดาวลดลง ส่งผลให้พลังงานที่ผลิตจากปฏิกริยาเทอร์โมนิวเคลียร์สามารถแผ่ออกจากดาวฤกษ์ได้อย่างสะดวกกว่าเดิม และกำ ลังส่องสว่างมีค่าสูงขึ้นในขณะที่อุณหภูมิยังผลของดาวเริ่มคงที่ ทำ ให้เส้นทางวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ในแผนภาพเฮิทซ์ป รุ ง -รัสเซลเริ่มเคลื่อนที่ในแนวดิ่งขึ้นตามแกนของกำลังส่องสว่าง บริเวณดังกล่าวเรียกว่า แขนงยักษ์แดง (red giant branch) การเพิ่มขึ้นของกำลังส่องสว่างทำให้การส่งถ่ายพลังงานสู่ผิวดาวฤกษ์เป็นแบบการพาพลังงาน (convection)ซึ่งทำให้ความร้อนที่แกนกลางถูกสะสมไว้จนมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆรูปที่ 5.4 โครงสร้างของดาวฤกษ์มวลน้อย (ก) ในแถบกระบวนหลัก (ข) หลังแถบกระบวนหลักรูปที่ 5.5 เส้นทางวิวัฒนาการของดวงอาทิตย์หลังออกจากแถบกระบวนหลักรูปที่ 5.6 โครงสร้างของดาวยักษ์แดงและบริเวณแกนกลางเนื่องจากปฏิกิริยาเทอร์-โมนิวเคลียร์โดยใช้ฮีเลียมเป็นเชื้อเพลิง จะเกิดขึ้นที่สภาวะอุณหภูมิร้อนจัดประมาณ 100ล้านเคลวิน และแกนฮีเลียมอยู่ในสภาวะดีเจนเนอเรต ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความดันของก๊าซเพิ่มขึ้นสูงมาก อิเล็กตรอนจะถูกบังคับให้อยู่ในอะตอมของก๊าซ ณ ระดับพลังงานที่ต่ำสุด แต่เนื่องจากอิเล็กตรอนไม่สามารถจะอยู่ในระดับพลังงานเดียวกันได้ทั้งหมด ดังนั้นอิเล็กตรอนจึงวางตัวเรียงกันเป็นชั้นๆ ตามระดับพลังงานโดยเริ่มจากชั้นพลังงานต่ำสุด ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าว จะเกิดขึ้นเนื่องจากความหนาแน่นสูงมาก อีกทั้งความร้อนที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในใจกลางดาวจากการยุบตัวของแกนฮีเลียมและแรงดันจากการเผาไหม้ไฮโดรเจนบริเวณรอบแกนกลางทำให้อุณหภูมิสูงพอที่จะจุดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์โดยใช้ฮีเลียมเป็นเชื้อเพลิงหรือกระบวนการแอลฟาสามชั้น (triple-alpha process) ได้ โดยหลังจากดาวฤกษ์มีวิวัฒนาการผ่านบริเวณแขนงยักษ์แดง (red giant branch) แล้ว พร้อมจะจุดกระบวนการแอลฟาสามชั้น เส้นทางวิวัฒนาการจะเพิ่มขึ้นในแนวดิ่งตามกำลังส่องสว่าง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า “การสว่างจ้าของฮีเลียม” (helium flash)

กระบวนการแอลฟาสามชั้น (triple-alpha process)

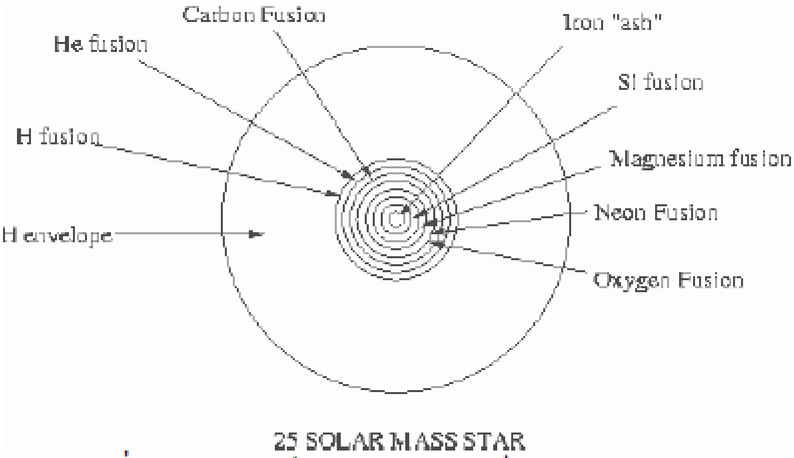
เมื่ออุณหภูมิของฮีเลียมแกนกลางเพิ่มสูงขึ้นจนถึงประมาณ 100 ล้านเคลวิน เป็นสภาวะที่สามารถเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่ใช้ฮีเลียมเป็นเชื้อเพลิงหลอมรวมเป็นคาร์บอนกับออกซิเจนหรือเรียกว่ากระบวนการแอลฟาสามชั้น (triple-alpha process)



รูปที่ 5.8 เนบิวลาดาวเคราะห์ (planetary nebula) และ
ดาวแคระขาว (white dwarf)

เมื่อฮีเลียมที่แกนกลางของดาวฤกษ์ถูกเผาไหม้หมด แกนกลางซึ่งมีสภาพเป็นคาร์บอนและออกซิเจนจะยุบตัวลงอีก จนอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดสภาวะที่มีปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์แบบแอลฟาสามชั้นบริเวณรอบๆ แกนกลางที่เป็นคาร์บอน รวมทั้งถัดออกไปอีกชั้นก็ยังเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ไฮโดรเจนอีก ดังนั้นแกนกลางก็จะยิ่งยุบตัวเร็วมากขึ้นและอยู่ในสภาพดีเจนเนอเรต ขณะที่เปลือกดาวขยายตัวออก ทำให้กำลังส่องสว่างลดลง เรียกสภาวะดังกล่าวนี้ว่า “แขนงดาวยักษ์อะซิมโทติก”(asymptotic giant branch, AGB)สำ หรับดาวฤกษ์มวลต่ำการเกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในหลายๆ ชั้นภายในดาว อาจทำให้เปลือกนอกขยายมากขึ้นโดยอิทธิพลของแรงดึงดูดจากใจกลางดาวไม่สามารถหยุดยั้งการขยายตัวนั้นได้ ทำให้เกิดการสูญเสียเปลือกดาวแผ่ออกเป็นวงรอบใจกลางเรียกว่า เนบิวลาดาวเคราะห์(planetary nebular) ในขณะที่ใจกลางดาวถูกดันให้ยุบตัวจนมีความหนาแน่นสูงมาก เรียกว่า ดาวแคระขาว (white dwarf)ใจกลางดาวฤกษ์ที่ถูกบีบอัดจนเป็นดาวแคระขาว จะมีความหนาแน่นมากถึงล้านเท่าของความหนาแน่นของดวงอาทิตย์ จนนิวเคลียสของคาร์บอนกับอิเล็กตรอนหลุดจากสภาพดีเจนเนอเรตแม้จะไม่เกิดปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ภายในดาวแคระขาว แต่อุณหภูมิอาจจะสูงถึง 100,000 เคลวินเนื่องจากความร้อนในการยุบตัว ทำให้สามารถเปล่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านอุลตร้าไวโอเลตออกมาได้ และจะเย็นตัวลงไปเรื่อยๆ จนกลายสภาพเป็น “ดาวแคระดำ” (black dwarf) ต่อไปส่วนดาวฤกษ์มวลมากจะยังคงมีแรงดึงดูดมากพอที่จะดึงเปลือกดาวไม่ให้แผ่กว้างออกไปได้ดังนั้นดาวฤกษ์ดังกล่าวจึงยังมีวิวัฒนาการ
ต่อไปจากแขนงยักษ์อะซิมโทติกได้ โดยสำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 8 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ขึ้นไป จะมีการยุบตัวของแกนกลางจนอุณหภูมิสูงประมาณ600 ล้านเคลวิน ทำให้นิวเคลียสของคาร์บอนหลอมรวมกันเองเกิดเป็นนิวเคลียสธาตุหนักยิ่งขึ้นไปอีกรูปที่ 5.8 เนบิวลาดาวเคราะห์ (planetary nebula) และดาวแคระขาว (white dwarf) นอกจากนั้น ที่อุณหภูมิประมาณ 1 พันล้านเคลวิน นิวเคลียสของออกซิเจนก็อาจหลอมรวมกันเองได้

จากรูป พบว่านิวเคลียสของธาตุเหล็ก (56 Fe26) เสถียรที่สุด กล่าวคือมีค่าพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออนสูงสุด ดังนั้นปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ภายในดาวฤกษ์จะสังเคราะห์นิวเคลียสของธาตุรูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน (Eb / A) กับเลขมวล (A) ต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ถ้านิวเคลียสต่างๆ มีพลังงานมากพอที่จะเอาชนะศักย์กีดขวางคูลอมบ์แล้วหลอมรวมกันได้ ในที่สุดก็จะสามารถสังเคราะห์นิวเคลียสของเหล็กที่เป็นนิวเคลียสที่เสถียรที่สุดได้สมมติว่าลำดับการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ภายในดาวฤกษ์เข้าสู่สภาวะสมดุลแล้ว



รูปที่ 5.10 โครงสร้างภายในดาวฤกษ์ในลักษณะของ

"วงหัวหอม" (onion-like shell)

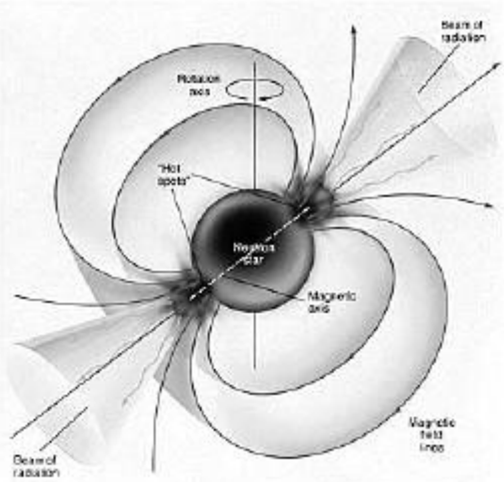
โครงสร้างภายในดาวฤกษ์จะมีลักษณะของ "วงหัวหอม" (onion-like shell) ดังแสดงใน รูปที่ 5.10ทั้งนี้ทั้งนั้น การเกิดชั้นของธาตุภายในแกนกลางของดาวฤกษ์ตามลำดับปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในแต่ละธาตุตามเลขอะตอมนั้นจะขึ้นอยู่กับว่าดาวฤกษ์นั้นๆ มีมวลมากน้อยเท่าใด สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงถึง35,000 ล้านเคลวินและมีแรงดึงดูดมากพอที่จะต้านและเอาชนะแรงดันจากปฏิกิริยาเผาไหม้ซิลิกอน (Si-burning) ที่ใจกลางดาวได้ทำให้ใจกลางดาวมวลมากกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์เกิดธาตุเหล็ก ไอโซโทป *Fe* 5626
แต่สำหรับดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อยกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ จะเกิดเหตุการณ์ที่แรงดึงดูดของดาวที่ขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์มีไม่พอที่จะต้านแรงดันจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์เผาไหม้ธาตุหนักได้ทันก่อนที่จะจุดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของธาตุในลำดับสูงๆ ต่อไป ทำให้ดาวฤกษ์มีการขยายตัวของเปลือกดาวจากแรงดันภายในดาวก่อนที่จะเกิดธาตุหนักเช่นเหล็กได้ โครงสร้างภายในดาวฤกษ์มวลมากในขั้นตอนสุดท้ายจึงมีลักษณะการเรียงลำดับธาตุเป็นวงหัวหอมในจำนวนชั้นที่มากหรือน้อยต่างกันตามแต่ว่ามวลของดาวฤกษ์จะมีมากหรือน้อยการสังเคราะห์ธาตุที่หนักกว่าเหล็ก ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้เฉพาะภายใต้กฎเกณฑ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ เช่นเดียวกับการสังเคราะห์ธาตุที่เบากว่าเหล็กภายในใจกลางดาวฤกษ์อีก แต่จะสามารถเกิดธาตุที่หนักกว่าเหล็กได้ด้วยกระบวนการจับนิวตรอน (Neutron Capture) ของนิวเคลียส เนื่องจากนิวตรอนเป็นอนุภาคไม่มีประจุ จึงถูกดูดจับเข้าสู่นิวเคลียสได้โดยง่าย โอกาสการจับนิวตรอนขึ้นอยู่กับพลังงานจลน์ของนิวตรอนและเลขมวลของนิวเคลียส

นอกจากจะเกิดธาตุหนักกว่าเหล็กแล้ว โฟตอนที่เกิดขึ้นในดาวฤกษ์มวลมากจะมีพลังงานสูงพอที่จะเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคในอะตอม หรือแรงนิวเคลียร์แบบเข้ม (Strong force) ได้จนสามารถทำให้ธาตุหนักมีการสลายตัวจนกลายเป็นอนุภาคโปรตอนและนิวตรอนได้อีก เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ว่า "การสลายตัวโดยโฟตอน" (Photodisintegration)

ปฏิกิริยาการสลายตัวโดยโฟตอนจะทำให้ใจกลางดาวมีจำนวนอนุภาคโปรตอนและนิวตรอนอิสระในปริมาณมากขึ้น รวมทั้งปริมาณแรงดึงดูดที่มหาศาลของดาวฤกษ์จะทำให้ใจกลางดาวมีการยุบตัวด้วยอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียงเกิดคลื่นกระแทก (Shock wave) ดันให้เปลือกดาวระเบิดออกอย่างรุนแรง การระเบิดของเปลือกดาวดังกล่าวจะทำให้มวลสารซึ่งมีทั้งธาตุหนักและเบามีการกระจายตัวออกสู่อวกาศ เรียกว่า "ซูเปอร์โนวาชนิดที่สอง" (Type IISupernova) ตัวอย่างของซูเปอร์โนวาชนิดที่สองที่มีชื่อเสียงคือ เนบิวลารูปปู (Crab nebula) ในกลุ่มดาววัวซึ่งเคยระเบิดออกอย่างรุนแรงในปี ค.ศ. 1054
เมื่อถ่ายสเปกตรัมของซูเปอร์โนวาชนิดที่สอง จะพบเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนและธาตุหนักอื่นๆ เด่นชัดมาก เนื่องจากเป็นการระเบิดของดาวฤกษ์มวลมากในขั้นตอนสุดท้าย ต่างจากซูเปอร์โนวาชนิดที่หนึ่ง (Type I Supernova) ที่เกิดจากการระเบิดของดาวแคระขาวที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์บอน-ออกซิเจนในสมาชิกของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด (Close Binary System) ทำให้สเปกตรัมที่ถ่ายออกมาได้ไม่ปรากฏเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนส่วนแกนกลางของดาวฤกษ์มวล

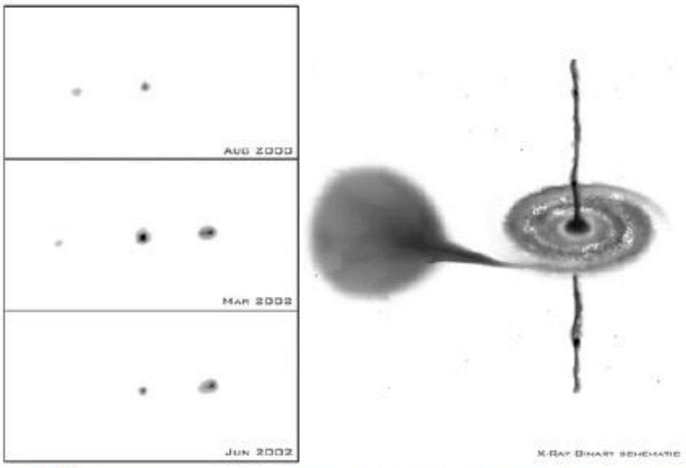
มากนั้นจะมีการยุบตัวอย่างรวดเร็ว โดยหลังจากได้รับผลกระทบจากคลื่นกระแทกแล้วทำให้ปฏิกิริยาการสลายตัวโดยโฟตอนกลับเกิดมากขึ้นไปอีก

ธาตุหนักที่แกนกลางถูกเปลี่ยนไปเป็นอนุภาคโปรตอนและนิวตรอนอิสระจนเกือบหมด แรงดึงดูดที่มหาศาลจะทำให้แกนกลางมีการยุบตัวอย่างรุนแรงจนสามารถเอาชนะแรงปฏิกิริยาทางประจุ(Coulomb force) ได้ จนแม้อิเล็กตรอนอิสระซึ่งมีประจุลบสามารถจะรวมกับโปรตอนซึ่งมีประจุบวกเกิดเป็นอนุภาคนิวตรอนซึ่งมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าได้



รูปที่ 5.12 แสดงเส้นสนามแม่เหล็กและการแผ่คลื่นวิทยุออกมาเป็นห้วงๆ ของดาวนิวตรอน

ผลลัพธ์จากการยุบตัวอย่างรุนแรงของแกนกลางดาวฤกษ์มวลมากจะทำให้แกนกลางดังกล่าวกลายสภาพเป็นซากของดาวที่มีแต่อนุภาคนิวตรอน เรียกว่า "ดาวนิวตรอน" (Neutron star) โดยบริเวณรอบแกนกลางจะประกอบด้วยนิวเคลียสของธาตุหนัก เช่น เหล็ก อยู่ร่วมกับอิเล็กตรอนอิสระความหนาแน่นเฉลี่ยของดาวนิวตรอนที่มีรัศมีประมาณ 15 กิโลเมตร จะมีค่า 2 x 1014 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งมากขนาดที่ปริมาณดาวนิวตรอน 1 ช้อนชา เทียบได้กับน้ำหนักของประชากรบนโลกทั้งหมดดาวนิวตรอนที่หมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วสูง จะสามารถส่งคลื่นวิทยุออกมาได้เป็นห้วงๆ เนื่องจากอิเล็กตรอนถูกเร่งให้ออกมาจากผิวของดาวนิวตรอนด้วยอำนาจสนามแม่เหล็กในตัวดาวเอง โดยนักดาราศาสตร์สามารถรับคลื่นวิทยุดังกล่าวได้จากการสังเกตการณ์บริเวณเนบิวลารูปปู และเรียกวัตถุที่สามารถปล่อยคลื่นวิทยุเป็นห้วงๆ ดังกล่าวว่า "พัลซาร์" (Pulsar)ต่อมาจึงได้ค้นพบว่าพัลซาร์กับดาวนิวตรอนคือวัตถุเดียวกันในปัจจุบันนักดาราศาสตร์ค้นพบดาวนิวตรอนในรูปพัลซาร์เป็นจำนวนมาก นั่นหมายความว่าดาวฤกษ์ที่มีมวลของแกนกลางหลังจากการยุบตัวมากกว่า 1.4 เท่าของมวลดวงอาทิตย์มีมากเช่นกัน และยิ่งมวลของแกนกลางที่หลงเหลือจากวิวัฒนาการมีค่ามากเท่าใด ก็ยิ่งทำให้นิวตรอนในใจกลางดาวนิวตรอนขยายวงออกไปมากขึ้น เนื่องจากจะมีปฏิกิริยาที่โปรตอนกับอิเล็กตรอนรวมกันเป็นนิวตรอนมากขึ้นนั่นเอง แต่ขอบของมวลของแกนกลางดาวฤกษ์ที่ทำให้เกิดดาวนิวตรอนจะหยุดที่มวลขนาด 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์หรือมวลของดาวฤกษ์ทั้งดวงที่ 40 เท่าของมวลดวงอาทิตย์เท่านั้น แกนกลางดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 25 เท่าของมวลดวงอาทิตย์จะมีแรงดึงดูดที่มหาศาลมากกว่าที่จะเกิดแค่เฉพาะการรวมตัวของโปรตอนกับอิเล็กตรอนเกิดเป็นนิวตรอน แต่ผลของการยุบตัวอย่างรุนแรงจะทำให้แกนกลางกลายสภาพเป็นซากของดาวที่มีปริมาตรเล็กแต่ความหนาแน่นสูงมาก ๆ จนเป็นอนันต์ แรดึงดูดที่มหาศาลรูปที่ 5.12 แสดงเส้นสนามแม่เหล็กและการแผ่คลื่นวิทยุออกมาเป็นห้วงๆของดาวนิวตรอน



<u>รูปที่ 5.13</u> ภาพถ่ายของดาว XTE JSSO-S64และแบบจำลองหลุมดำ

จะสามารถเอาชนะได้แม้กระทั่งแสง ซึ่งมีความเร็วมากที่สุด เรียกวัตถุที่มีพฤติกรรมดังกล่าวว่าหลุมดำ (Blackhole)การสังเกตการณ์เพื่อค้นหาหลุมดำมีขึ้นเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่มีมวลมากกว่า 40 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ แต่เนื่องจากแสงไม่สามารถหลุดรอดออกมาจากหลุมดำได้จึงจำเป็ฯต้องหาหลุมดำที่มีดาวฤกษ์หรือฝุ่นก๊าซโคจรอยู่บริเวณใกล้ ๆ เนื่องจากเมื่อมวลสารจากดาวฤกษ์หรือกลุ่มก๊าซที่โคจรด้วยความเร็วสูงรอบ ๆ หลุมดำจะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านรังสีเอ็กซ์ออกมา ซึ่งในปัจจุบันมีการค้นพบพอสมควร ทำให้นักดาราศาสตร์เชื่อว่าหลุมดำมีอยู่จริงวิวัฒนาการต่อไปหลังจากมวลสารของดาวฤกษ์ได้ถ่ายเทออกสู่อวกาศ ไม่ว่าจะเป็นเนบิวลาวงแหวน หรือซูเปอร์โนวา ซึ่งมีสถานะเป็นกลุ่มก๊าซกระจายตัวในอ ว ก า ศ น อ ก จ า ก จ ะ มีก๊า ซไฮโดรเจนแล้ว ยังประกอบด้วยธาตุหนักที่ถูกสร้างขึ้นมาจากดาวฤกษ์รุ่นแรก ๆ ดังนั้นดาวฤกษ์ในรุ่นต่อไปที่เกิดขึ้นจากกลุ่มก๊าซดังกล่าวก็จะมีปริมาณธาตุหนักด้วยเช่นกัน เช่นเดียวกับดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นดาวฤกษ์ที่เกิดจากกลุ่มก๊าซหลังการระเบิดของดาวฤกษ์รุ่นก่อน สามารถพบปริมาณธาตุหนักซึ่งอยู่ภายในดวงอาทิตย์และกระจายอยู่รอบระบบสุริยะ กล่าวกันว่าสรรพสิ่งบนโลกที่กำเนิดขึ้นมาทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ก็คือกลุ่มธาตุและโมเลกุลทั้งหลายที่มีความเหมาะสมจากกระบวนการวิวัฒนาการของดาวนั่นเอง__

Final End of StarsSupernova , Neutron star , Planetary nebula , White dwarf

ปัจจุบันเราเข้าใจธรรมชาติของดวงดาวเพิ่มขึ้นกว่าสมัยก่อนมาก ดวงดาวที่ดูเหมือนคงที่ ความจริงกลับมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาแสงของดวงดาวเกิดจากการเปลี่ยนมวลสารให้กลายเป็นพลังงาน จนกว่าจะถึงจุดจบของดาวดวงนั้น เมื่อสมดุลของดวงดาว ไม่อาจดำเนินไปตามปรกติดาว ฤกษ์แต่ละดวงอาจมีจุดจบที่ไม่เหมือนกัน แต่ดาวฤกษ์หลายๆดวง ที่มีลักษณะต่างๆกัน อาจเป็นดวงดาวประเภทเดียวกัน ซึ่งอยู่ในช่วงอายุขัยที่แตกต่างดวงดาวที่ดูเหมือนเกิดขึ้นใหม่บนท้อง ฟ้า ที่จริงอาจกำลังเปลี่ยนแปลงเข้าสู่วาระสุดท้าย ในขณะที่ดาวบางดวงซึ่งกำลังแตกดับ กลับกำลังช่วยสร้างชีวิตใหม่ ให้กับดาวดวงอื่น

ดาวฤกษ์ได้พลังงานมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันภายในแกนกลาง ไฮโดรเจนรวมตัวกันได้เป็นฮีเลียม ปลดปล่อยพลังงานมหาศาล เมื่อผิวนอกของดวงดาวได้รับพลังงาน ก็จะให้แสงสว่างของดาวฤกษ์ออกมา พลังงานจากนิวเคลียร์ฟิวชันภายในแกนกลาง ยังช่วยต่อสู้กับแรงโน้มถ่วงจากมวลของดวงดาว ไม่ให้ดาวยุบตัวมีขนาดเล็กลง จึงยังคงสภาพเป็นดาวฤกษ์อยู่ได้ แต่ดวงดาวที่มีขนาดใหญ่มีมวลมาก สว่างมากและมีอุณหภูมิสูงมาก จะมีการใช้พลังงานมากกว่าไฮโดรเจนภายในจะหมดไปอย่างรวดเร็ว จึงมีอายุขัยที่สั้นกว่าดาวดวงเล็กๆ เมื่อสารที่เป็นต้นกำเนิดของนิวเคลียร์ฟิวชันใกล้จะหมดลง พลังงานที่ปล่อยจากแกนกลางลดลง แกนกลางจะยุบตัวลง เนื่องจากไม่สามารถสู้แรงโน้มถ่วงได้อีก แต่เปลือกนอกของดวงดาวที่ส่องสว่าง กลับจะแยกตัวออกมา ดวงดาวจึงมีขนาดใหญ่ขึ้น กลายเป็นดาวยักษ์ใหญ่สีแดง(Red supergiant star) หรือดาวยักษ์สีแดง(Red giant star)

ดาวบีเทลจุส(Betelgeuse) เป็นตัวอย่างหนึ่งของดาวยักษ์ใหญ่สีแดง(Red supergiant star) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 500เท่า ของดวงอาทิตย์ อยู่ไกลออกไป 430ปีแสง จึงเป็นดาวฤกษ์ดวงแรกนอกระบบสุริยะ ที่เราสามารถวัด

ขนาดของมันได้สำเร็จ ในปี 1920 และยังเป็นดาวฤกษ์ดวงแรก ที่เราสามารถถ่ายภาพชั้นบรรยากาศได้อีกด้วย (ดังภาพข้างบน เป็นภาพถ่ายให้เห็นชั้นบรรยากาศ ของดาวบีเทลจุส ถ่ายโดยกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล) สีของดวงดาวที่เปลี่ยนไป เกิดจากอุณหภูมิลดลงที่ชั้นนอกของดาว ในขณะที่ขยายขนาดออกไป ซึ่งบางครั้งจะไม่มีเสถียรภาพ อุณหภูมิ ขนาดและความสว่างจึงไม่คงที่ ดาวบีเทลจุสมีการเปลี่ยนแปลงความสว่าง จากสว่างที่สุด จางลง แล้วกลับมาสว่างที่สุดอีกครั้ง ทุกๆ 5.8ปี

ส่วนดาวมิรา(Mira) เป็นดาวยักษ์สีแดง(Red giant star) ที่มีขนาดประมาณ 300เท่าของดวงอาทิตย์ มีคาบการเปลี่ยนแปลงความสว่างใช้เวลาประมาณ 11เดือน ดาวมิราถูกค้นพบในปี 1596 เป็นตัวอย่างแรกของ ดาวแปรแสงประเภทใช้เวลานาน ในการเปลี่ยนแปลงความสว่าง (Long-period variable stars) ระยะหลังเราจึงเรียกดาวดวงอื่นๆที่มีลักษณะคล้ายกันว่า Mira variable stars

บางครั้งชั้นนอกของดาวยักษ์แดงจะแยกตัวออกจากแกนกลาง ขยายและกระจายตัวออก กลายเป็นเนบิวลาประเภท Planetary nebula เนบิวลา IC 418 ดังรูปข้างล่าง เป็นตัวอย่างหนึ่งของ Planetary nebula อยู่ไกลจากโลกเราประมาณ 2000ปีแสง มันเคยปรากฏเป็นดาวยักษ์แดง เมื่อ 2,000-3,000ปีก่อน ปัจจุบันขอบนอกของดวงดาว แผ่เป็นบริเวณกว้างถึง 0.1ปีแสง สามารถมองเห็นแกนกลางของดาวยักษ์แดง เป็นสีขาวน้ำเงินมีอุณหภูมิสูงมาก รังสีอัลตราไวโอเลตที่แผ่ออกมา ทำให้ก๊าซที่อยู่โดยรอบ เรืองแสงเป็นสีน้ำเงินในอีกไม่กี่พันปีต่อไป ส่วนที่เป็นเนบิวลา จะจางหายไปในอวกาศทิ้งให้แกนกลาง เย็นตัวลงกลายเป็นดาวดวงเล็กอุณหภูมิสูง เรียกว่า ดาวแคระขาว (White dwarf) เป็นจุดจบของดวงดาวประเภทเดียวกับดวงอาทิตย์ของเรา

ดาวแคระขาว(White dwarf) เกิดจากแกนกลางของดาวฤกษ์ ที่ยุบตัวลงจากแรงโน้มถ่วงของตน มีขนาดเล็กกว่าดวงอาทิตย์ของเรา แต่มีอุณหภูมิ และความหนาแน่นที่สูงมาก (ประมาณ 100เท่าของความหนาแน่นน้ำ) ลักษณะของดาวแคระขาวถูกค้นพบครั้งแรก ในปีค.ศ. 1910 โดยเฮนรี พิคเคอริง(Henry Pickering) เขาพบดาวดวงหนึ่งในกลุ่มดาว Eridanus เป็นดาวจางๆสว่างน้อย ขนาดเพียง 1ใน1,000เท่าของดวงอาทิตย์ แต่มีอุณหภูมิสูงกว่ามาก ไม่กี่ปีหลังจากนั้นดาวซิริอุสบีก็ถูกค้นพบว่าเป็นดาวแคระขาวด้วยเช่นกัน

ดาวซิริอุส(Sirius) เป็นดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุดบนท้องฟ้ายามราตรี ประกอบด้วยดาวคู่ 2ดวงคือ ซิริอุสเอ และซิริอุสบี (Sirius A, Sirius B) ดวงสว่างที่เราเห็นด้วยตาเปล่าคือ ดาวซิริอุสเอ ส่วนดาวซิริอุสบีจางกว่าถึง 10,000เท่า เนื่องจากดาวทั้งสองโคจรอยู่ใกล้กันมาก จึงไม่สามารถมองเห็นแยก เป็นสองดวงได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดธรรมดา

ปีค.ศ.1862 อัลแวน คลาร์ค(Alvan Clark) ค้นพบดาวซิริอุสบี ขณะทำการทดสอบ กล้องโทรทรรศน์ (18"reflector - Dearborn Observatory) ที่ดีที่สุดในโลกในสมัยนั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1915 วอลเทอร์ อาดัมส์ (Walter Adams) ได้ศึกษาสเปคตรัมของแสงคำนวณอุณหภูมิ แล้วค้นพบว่าดาวซิริอุสบีเป็นดาวแคระขาว ปัจจุบันเราทราบว่าดาวซิริอุสบี มีอุณหภูมิสูงกว่าดวงอาทิตย์ประมาณ 20,000องศาเซลเซียส มีมวลประมาณดวงอาทิตย์แต่มีขนาดเพียง 90%ของโลก แรงโน้มถ่วงสูงกว่าโลกถึง 400,000เท่า โคจรรอบดาวซิริอุสเอ ใช้เวลาครบรอบประมาณ 50ปี

บางครั้งดาวแคระขาวในระบบดาวคู่ ก็สร้างปรากฏการณ์น่าสนใจที่เรียกว่า โนวา (Nova) โนวาเป็นปรากฏการณ์ที่ดาวแคระขาวมีความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ในสมัยก่อนเคยเข้าใจว่า เป็นการเกิดใหม่ของดวงดาว จนกระทั่งมีการศึกษาภาพถ่ายสเปคตัมของโนวา T Aurigae ในปีค.ศ.1892 การเปลี่ยนแปลงของสเป็คตรัมที่บันทึกได้ สร้างความพิศวงให้กับนักดาราศาสตร์ในสมัยนั้นมาก หลังจากนั้นก็มีการถ่ายภาพสเป็คตรัมของโนวาจำนวนมาก แล้วพบว่าเป็น การระเบิดของดวงดาว(star burst) และมีการกระจายก๊าซที่อยู่บริเวณเปลือกนอก(shell gas) ออกมา ในปี ค.ศ.1954 เมอร์เล เอฟ วอล์คเคอร์(Merle F. Walker) พบว่า โนวาDQ Herculis ที่เคยเกิดขึ้นเมื่อปีค.ศ.1934 เกิดขึ้นในระบบดาวคู่ หลังจากนั้นตำแหน่งอื่นๆที่เคยเกิดโนวา ก็พบว่าเป็นระบบดาวคู่ด้วยเช่นกัน โดยดาวดวงหนึ่ง เป็นดาวที่ค่อนข้างใหญ่ ส่วนอีกดวงหนึ่ง ซึ่งเป็นตำแหน่งเกิดโนวา เป็นดาวแคระขาว แรงโน้มถ่วงมหาศาลของดาวแคระขาวซึ่งหมดเชื้อเพลิงไฮโดรเจน สำหรับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันแล้ว สามารถดึงดูดมวลสารส่วนหนึ่ง มาจากดาวอีกดวง กระตุ้นให้เกิด

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ของไฮโดรเจนขึ้นอีกครั้ง ที่ผิวของดาวแคระขาว ปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา(คล้ายๆ ระเบิดไฮโดรเจน) ปรากฏให้เห็นเป็นความสว่าง ที่เพิ่มขึ้นระยะๆสั้นๆ แล้วก็จางลง

ดาวแคระขาวถูกแรงโน้มถ่วงของตนบีบอัด จนแต่ละอะตอมอยู่ชิดกัน มีความหนาแน่นและอุณหภูมิสูงมาก ดังนั้นนั้นมันจึงไม่สามารถมีมวลที่สูงเกินไป เพราะจะทำให้มันถูกบีบอัดจน ไม่สามารถคงสภาพอยู่ได้ ขีดจำกัดของมวลดาวแคระขาวนี้ เรียกว่า ขีดจำกัดจันทรสิกขา (Chandrasekhar Limit) ถูกค้นพบโดยนักดาราศาสตร์ฟิสิกส์(Astrophysicist) ชื่อจันทรสิกขา

สุพราหมณญาณ จันทรสิกขา(Subrahmanyan Chandrasekhar) เป็นนักดาราศาสตร์ฟิสิกส์เชื้อสายอินเดีย หลังจากเรียนจบสาขาฟิสิกส์จากอินเดีย เขาเดินเรือจากบอมเบย์ มาลอนดอน เพื่อศึกษาต่อในCambridge เมื่ออายุ 20ปี ในปีค.ศ.1930 เขานำทฤษฎีสัมพัทธภาพ ของไอน์สไตน์มา วิเคราะห์ลักษณะของดาวแคระขาวเมื่อมีมวลมากขึ้น เขาพบว่า ดาวแคระขาวไม่สามารถมีมวลสูงกว่า 1.44เท่าของมวลดวงอาทิตย์ได้ เพราะจะทำให้มัน ถูกแรงโน้มถ่วงบีบอัด จนมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ ซึ่งต่อมาเรียกว่า ขีดจำกัดจันทรสิกขา (Chandrasekhar Limit) ในปีค.ศ.1935 แนวคิดจันทรสิกขาถูกโต้เถียงอย่างรุนแรงจากเซอร์อาร์เธอร์ เอ็ดดิงตัน(Sir Arthur Eddington) ว่าดวงดาวไม่มีทางลดขนาดลงไปเรื่อยๆ จนเหลือเพียงจุดเล็กๆได้ และการลดขนาดจะหยุดลงที่รูปแบบใด มันเป็นไปไม่ได้ ตามหลักฟิสิกส์ในสมัยนั้น (แต่ในยุคต่อๆมาเราทราบแล้วว่า เป็นไปได้ ในกรณีของดาวนิวตรอน และหลุมดำ)

จุดจบของดวงดาว 2Final End of Stars 2Supernova , Neutron star , Planetary nebula , White dwarf

ในปีค.ศ.1911 เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford) ค้นพบว่ามวลส่วนใหญ่ของอะตอม อยู่บริเวณศูนย์กลางมีประจุบวก มีอิเลคตรอน ที่มีประจุลบโคจรรอบๆ เขาคาดไว้ว่าน่าจะมีอนุภาคที่ไม่มีประจุ แต่มีมวลเท่าโปรตอน อยู่ในอะตอม แต่ไม่มีใครค้นพบจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1932 ลูกศิษย์ของเขา คือ เจมส์ แชดวิกค์ (James Chadwick) ก็ค้นพบนิวตรอน

ต่อมาในปีค.ศ.1934 วอลเตอร์ บาด และฟริทส์ สวิคกี (Walter Baade and Fritz Zwicky) ก็นำแนวคิดเรื่องนิวตรอน มาอธิบายการระเบิดของดวงดาวแบบ ซูเปอร์โนวา(Supernova) ซึ่งมีการปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา (มากกว่าโนวาธรรมดาเสียอีก) ว่าเป็นกระบวนการที่ดาวฤกษ์ เปลี่ยนไปเป็น ดาวนิวตรอน(Nuetron star) สวิคกีเริ่มค้นหาซูเปอร์โนวาบนท้องฟ้า ด้วยกล้องดูดาวมุมกว้างขนาด 18" ที่เขาสร้างไว้บนเขาพาโลมา คาลิฟอร์เนีย ภายใน 2-3ปี เขาค้นพบมากกว่า 10ซูเปอร์โนวา จากกาแล็กซีอื่นที่อยู่ไม่ไกล ข้อมูลที่ได้มากพอ จะแบ่งซูเปอร์โนวา ออกเป็นประเภทต่างๆ

ซูเปอร์โนวาประเภทแรก มีสาเหตุการเกิดคล้ายๆกับโนวาธรรมดา ดังกล่าวไปแล้ว คือดาวแคระขาวในระบบดาวคู่ ดึงดูดมวลสารมาจากดาวข้างเคียง แต่ในซูเปอร์โนวานี้ ดาวแคระขาวดึงมวลสารมาอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราที่เหมาะสม จนมวลของดาวแคระขาวเพิ่มมากกว่า ขีดจำกัดจันทรสิกขา (Chandrasekhar Limit 1.44 เท่าของมวลดวงอาทิตย์) มันจึงยุบตัวลงอย่างรวดเร็ว กลายเป็นดาวนิวตรอน ปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา เป็นซูเปอร์โนวา (แต่บางครั้งแรงระเบิดก็มากจนกระทั่ง กระแทกดาวทั้งสองกระจายหายไป) การที่แกนกลางของดาวลดขนาดลงอย่างรวดเร็ว เกิดช็อคเวฟรุนแรงมาก กระจายมวลสารชั้นนอก ของดวงดาวออกไปโดยรอบ ปรากฏเป็นเศษซากที่เหลืออยู่ของ ซูเปอร์โนวา (Supernova remnant) มีลักษณะเป็น เนบิวลาอีกแบบหนึ่ง

ซูเปอร์โนวาอีกประเภทหนึ่ง เกิดในช่วงวาระสุดท้ายของดาวฤกษ์ที่มีมวลมากๆ (มากกว่า 10เท่าของมวลดวงอาทิตย์) เมื่อกระบวนการนิวเคลียร์ฟิวชัน เผาผลาญไฮโดรเจนหมดลง มวลมหาศาลของดวงดาวบีบอัด อะตอมของฮีเลียมเข้าด้วยกันอีก อุณหภูมิสูงขึ้น เกิดนิวเคลียร์ฟิวชันกลายเป็นคาร์บอน นิวเคลียร์ฟิวชันคล้ายๆกันนี้เกิดต่อไปเรื่อยๆ จากคาร์บอนกลายเป็นออกซิเจน ได้ธาตุที่หนักขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดเป็นเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุที่เสถียรมาก อุณหภูมิภายในดวงดาวไม่สามารถสลายเหล็กได้ เมื่อนิวเคลียร์ฟิวชันลงลง ได้พลังงานลดลง ดาวฤกษ์ก็ไม่สามารถสู้กับแรงโน้มถ่วงของตนอีกต่อไป มันจึงยุบตัวลง ปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมา เกิดเป็นซูเปอร์โนวา คงเหลือเป็นดาวนิวตรอน ล้อมรอบด้วยเศษซากที่เหลืออยู่ของ ซูเปอร์โนวา(Supernova remnant)

ซูเปอร์โนวา นอกจากจะปลดปล่อยพลังงานออกสู่อวกาศโดยรอบแล้ว มวลสารต่างๆที่มันปล่อยออกมา ยังเป็นการกระจายธาตุหนัก มวลโมเลกุลสูง ออกสู่เอกภพ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า ระบบสุริยะ และโลกของเราที่มีแร่ธาตุต่างๆหลากหลาย อันจำเป็นต่อการก่อกำเนิดสิ่งมีชีวิต ก็อาจจะได้ธาตุเหล่านี้มาจาก ซูเปอร์โนวาในอดีต การศึกษาซูเปอร์โนวาส่วนใหญ่ต้องศึกษา ซูเปอร์โนวาที่เกิดในกาแล็กซีอื่น เพราะซูเปอร์โนวา ที่ปรากฏให้เห็นในกาแล็กซีทางช้างเผือกของเราพบน้อยมากเท่าที่บันทึกไว้มีเพียง 3ครั้ง ในประวัติศาสตร์มนุษยชาติ (ส่วนใหญ่ที่เห็นๆในกาแล็กซีทางช้างเผือกมักเป็น Supernova remnant)

ครั้งแรก เกิดเมื่อปีค.ศ.1054 ในบริเวณ ที่ปัจจุบันเป็น เนบิวลารูปปู

ครั้งที่ 2 เกิดในกลุ่มดาว Cassiopia เมื่อปีค.ศ.1572 รู้จักกันในนาม Tycho's star พบโดย ไทโค บราห์ (Tycho Brahe) เขากล่าวว่า มันเป็นดาวดวงใหม่ ท้าทายความคิดแบบอริสโตเติล ที่เชื่อว่า ดวงดาวบนกรอบของท้องฟ้าคงที่ตลอดกาล

ครั้งที่ 3 เกิดในกลุ่มดาว Ophiuchus เมื่อปีค.ศ.1604 พบโดย โจฮานน์ เคปเลอร์ (ผู้คิดค้น Kepler's law)

เมื่อดาวฤกษ์เปลี่ยนไปเป็นดาวนิวตรอน แต่ละอะตอมของดวงดาวเปลี่ยนสภาพไปอย่างสิ้นเชิง โปรตอนรวมตัวกับอิเลคตรอน ได้เป็นดาวทั้งดวงที่ประกอบด้วยนิวตรอนเกือบทั้งหมด อยู่ชิดกันมากจนแทบไม่มีช่องว่างเหลืออยู่ ขนาดลดลงมาก มีความหนาแน่นสูงมาก แรงโน้มถ่วงมหาศาล ประมาณว่าดวงดาวขนาดใหญ่กว่าดวงอาทิตย์ อาจลดขนาดลงมาเหลือแค่ 10กิโลเมตร และมีแรงดึงดูดสูงขนาดทำให้แสงที่ส่องผ่านเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งได้

การตามหาดาวนิวตรอนจึงไม่ใช่เรื่องง่ายๆ ไม่มีใครเคยหามันพบจนกระทั่งปีค.ศ.1967 มีผู้ค้นพบบางสิ่งบางอย่างที่มองไม่เห็นอยู่บนท้องฟ้า เมื่อเริ่มศึกษา การกระพริบของแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุ

ใน ปีค.ศ.1967 นักศึกษาจากCambridge ชื่อโจเซลิน เบลล์ (Jocelyn Bell) ค้นพบว่ามีคลื่นวิทยุ ส่งออกมาจากจุดหนึ่งบนท้องฟ้า ในกลุ่มดาวVulpecula ส่งออกมาเป็นจังหวะที่ค่อนข้างคงที่ ทุก1.33728วินาที เพียงหนึ่งปีผ่านไปก็พบเพิ่มอีกถึงกว่า 20จุด เรียกมันว่า พัลซาร์ (Pulsar - Pulsating Star) แรกๆก็ก่อให้เกิดความตื่นเต้นมากมาย เพราะเชื่อกันว่า อาจเป็นการติดต่อ จากสิ่งมีชีวิตที่ทรงปัญญาจากโลกอื่น แต่ปัจจุบันเราทราบแล้วว่า พัลซาร์เป็นดาวนิวตรอน ซึ่งหมุนด้วยความเร็วมหาศาล ทำให้เกิดการปล่อย พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ออกมาเป็นจังหวะ ด้วยอัตราคงที่ คล้ายๆแสงกระพริบจากไฟที่หมุนวน บนประภาคาร เราสามารถเชื่อมโยงเรื่องราวเกี่ยวกับ ซูเปอร์โนวา เนบิวลา พัลซาร์ และดาวนิวตรอน ได้ครั้งแรกจาก เนบิวลารูปปู ในกลุ่มดาววัว (Taurus)

จากบันทึกของนักดูดาวชาวจีน(Yang Wei-te, the court astrologer to the Chinese Sung Emperor) เมื่อปีค.ศ.1054 เกิดซูเปอร์โนวาสว่างไสวบนท้องฟ้า ปรากฏให้เห็นแม้เวลากลางวัน อยู่นานเกือบเดือน เขาเรียกมันว่า ดาวผู้มาเยือน (Guest star)

หลังจาก นั้นมันจางลงเรื่อย จนกระทั่งมีผู้ค้นพบมันอีกครั้ง (เมื่อมีวิวัฒนาการของกล้องดูดาวที่ดีขึ้น) ในคริสตศตวรรษที่18 ครั้งนี้เราเห็นมันในรูปของ <u>เนบิวลารูปปู (Crab nebula)</u> พัลซาร์ใจกลางเนบิวลารูปปูถูกค้นพบในปีค.ศ.1968 ต่อมาเราทราบว่ามันเป็นดาวนิวตรอน

จากดาวฤกษ์มีมวลประมาณ 8-12เท่าของดวงอาทิตย์ อยู่ห่างจากโลกประมาณ 6,000ปีแสง สิ้นสุดอายุขัยของมัน เกิดซูเปอร์โนวา ปัจจุบันคงเหลืออยู่เพียงเศษซาก (Supernova remnant) ที่มีแกนกลางเป็นดาวนิวตรอน เหลือมวลประมาณ 2เท่าของดวงอาทิตย์ แต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 20กิโลเมตร มีแรงโน้มถ่วงสูงกว่าโลกถึงล้านล้านเท่า หมุนวนด้วยความเร็วถึง 30ครั้งต่อวินาที ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา แทบจะตลอดสเป็คตรัม ตั้งแต่คลื่นวิทยุ จนถึงรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา อยู่ในใจกลาง <u>เนบิวลารูปปู</u> สำหรับดาวนิวตรอนเดี่ยวๆ เราเพิ่งสามารถถ่ายภาพได้สำเร็จ เมื่อไม่กี่ปีมานี้เอง สิ่งที่ปรากฏในรูปของแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ในอวกาศ อยู่ห่างออกไป 200ปีแสง มีขนาดเพียง 28กิโลเมตร ความสว่างน้อยมาก(จางกว่า 25th magnitude) แต่มีอุณหภูมิสูงถึง 1.2ล้านองศาฟาห์เรนไฮต์ คงจะเป็นอย่างอื่นไปไม่ได้ นอกจากดาวนิวตรอนคาดว่าเกิดขึ้นมาจากซูเปอร์ โนวา ที่อาจปรากฏให้บรรพบุรุษเราเห็น เมื่อประมาณ 1ล้านปีก่อน ในกลุ่มดาวแมงป่อง (Scorpius) ปัจจุบันมันเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆด้วยความเร็วสูงมาก

แต่ถ้าดวงดาวที่มีมวลสูงมากๆ สิ้นอายุขัย กลายเป็นซูเปอร์โนวา แล้วมวลที่เหลืออยู่มากกว่า 4เท่าของดวงอาทิตย์ มันก็จะไม่สามารถคงสภาพแม้แต่จะเป็นดาวนิวตรอน แรงโน้มถ่วงอันมหาศาลของมัน จะบีบอัดจนมันมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนกลายเป็นหลุมดำ(Black hole) ที่มีแรงโน้มถ่วงสูงมากจนแม้แต่แสงก็ไม่อาจเล็ดลอดออกมา

เนบิวลารูปปู Crab Nebula and Crab Pulsar

เมื่อประมาณหนึ่งพันปีก่อน โหราจารณ์แห่งราชสำนักจีน ได้บันทึกถึงการปรากฎของดาวดวงหนึ่งบนท้องฟ้า มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเป็นเวลากว่าปี ต่อมาแสงของดวงดาวก็จางลง เราเห็นมันอีกครั้ง ในรูปของฝ้าจางๆบนท้องฟ้า ลักษณะคล้ายปู เมื่อมีผู้มองมันผ่านกล้องโทรทรรศน์ มันส่งคลื่นวิทยุกระพริบออกมาเป็นจังหวะ และให้ภาพของดวงดาวที่สว่างไสว หากได้บันทึกภาพด้วยรังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา
จากดวงดาวที่หมดอายุขัย กลายเป็นซูเปอร์โนวา ปัจจุบันเห็นเป็นกลุ่มก๊าซในเนบิวลารูปปู รับพลังงานจาก ดาวนิวตรอนในแกนกลาง

การศึกษาเนบิวลารูปปู ดูจะเป็นหนึ่งในสิ่งที่น่าสนใจที่สุดบนท้องฟ้า ของนักดาราศาสตร์หลายรุ่น การร่วมกันศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญ ในสาขาต่างๆ ทำให้เราสามารถ รวบรวมหลายๆทฤษฎีเกี่ยวกับ ระยะสุดท้ายของดวงดาว เข้าเป็นเรื่องราวที่ชัดเจน

ในปีค.ศ.1731 นายแพทย์ชาวอังกฤษ ผู้เพิ่งเริ่มศึกษาดาราศาสตร์ ชื่อจอห์น เบวิส (John Bevis) นับเป็นบุคคลแรกที่ได้บันทึก ลักษณะของกลุ่มฝุ่นก๊าซและเส้นสาย ของเนบิวลาในกลุ่มดาววัว (Taurus) เอาไว้ ปีค.ศ.1758 มีผู้คาดการณ์ว่า ดาวหางฮัลเลย์จะกลับมาอีกครั้ง ชาร์ลส์ เมซิเย (Cherles Messier) นักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศส เริ่มตามหาดาวหางฮัลเลย์ เขาจดบันทึกตำแหน่งดวงดาว ในบริเวณที่คาดว่าจะพบ ดาวหางฮัลเลย์ไว้อย่างละเอียด เดือนสิงหาคม 1758 เขาพบดาวหางดวงหนึ่ง แต่ไม่ใช่ดาวหางฮัลเลย์ ต่อมาเขาพบ ลักษณะฝ้าจางๆในกลุ่มดาววัว (Taurus) แต่อยู่ในตำแหน่งเดิมบนท้องฟ้าตลอด มันเป็นเนบิวลา ไม่ใช่ดาวหาง เขาบันทึกตำแหน่งไว้ในนาม วัตถุ M1 ในคะตะล็อกเมซิเย (Messier Catalogue) ต่อมามันรู้จักกันในนาม เนบิวลารูปปู (Crab nebula) ชาร์ลส์ เมซิเย บันทึกตำแหน่งเนบิวลา และกระจุกดาวไว้มากมาย(~109 วัตถุ) ในคะตะล็อกของเขา

จนกระทั่งในปีค.ศ.1913 เวสโต สลิฟเฟอร์ (Vesto Slipher) ได้ศึกษาสเป็คตรัมของเนบิวลารูปปู แล้วพบว่ามีลายเส้นที่คล้ายกัน 2ชุดซ้อนกันอยู่ เกิดจากปรากฎการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler Effect) ก๊าซส่วนหนึ่งกำลังคลื่นเข้าใกล้โลก และอีกส่วนหนึ่ง กำลังคลื่นไปในทิศตรงกันข้าม เขาอธิบายว่าฝุ่นก๊าซในเนบิวลารูปปู กำลังขยายกว้างออกไปเรื่อยๆ ด้วยความเร็วประมาณ 1,000km/s การขยายขนาดของเนบิวลารูปปู ได้รับการพิสูจน์ใน 8ปีถัดมา เมื่อจอห์น ดันแคน (John Duncan) เปรียบเทียบรูปของเนบิวลารูปปู ที่เขาถ่ายภาพไว้ทุก2-3ปี ก็พบว่าฝุ่นก๊าซเหล่านี้ กำลังขยายกินอาณาบริเวณกว้างออกไปเรื่อยๆ และในปีเดียวกันนั้นเอง คนัท ลันด์มาร์ค(Knut Lundmark) ได้ตีพิมพ์วันเวลาและตำแหน่ง ที่อาจเป็นการเกิดโนวาในอดีต ซึ่งได้ถูกบันทึกไว้โดยนักดูดาวชาวจีน มีครั้งหนึ่งเกิดเมื่อปีค.ศ. 1054 ในตำแหน่งใกล้กับเนบิวลารูปปูมาก หรือว่านั่นคือประจักษ์พยานเหตุการณ์เริ่มแรก ของเนบิวลารูปปู ที่เริ่มขึ้นจากการเกิดซูเปอร์โนวาในอดีต โหราจารณ์แห่งราชสำนักจีน(Yang Wei-te, Court Astrologer to Chinese Sung Emperor) ได้บรรยายการปรากฎ ของดาวดวงใหม่ เขาเรียกมันว่า ดาวผู้มาเยือน(Guest star) อยู่ในบริเวณกลุ่มดาววัว(Taurus - ราศีพฤษภ์) เมื่อประมาณเดือนกรกฎาคมปีค.ศ.1054 เขาบรรยายว่ามันสว่างประมาณ 6เท่าของดาวศุกร์ สุกใสเหมือนดวงจันทร์วันเพ็ญ มีรัศมีสีแดงขาวแผ่ไปทั้ง 4ทิศ สว่างจนสามารถมองเห็นได้แม้เวลากลางวันอยู่นานเกือบเดือน มองเห็นในเวลากลางคืนอยู่นานกว่าปี ถ้าเป็นเช่นนั้นจริง ในตำแหน่งห่างออกไป 6,000ปีแสงจากโลก แสดงว่ามันสว่างเทียบได้เป็น 400ล้านเท่าของดวงอาทิตย์ทีเดียว (ถ้ามันมาเกิดที่ประมาณ ขอบของระบบสุริยะของเรา สิ่งมีชีวิตบนโลกก็คงไม่มีเหลือ)

ช่วงประมาณปีค.ศ.1928-1940 มีนักดาราศาสตร์หลายคน (Edwin Hubble, Jan Oort, J.J.L.Duyvendek) ต่างได้ลองคำนวณ อัตราการขยายตัวของฝุ่นก๊าซ ในเนบิวลารูปปู ได้ผลคล้ายๆกันว่า จุดเริ่มต้นน่าจะเริ่มขึ้น เมื่อประมาณ 800-900ปี ก่อน ซึ่งเข้าได้กับการปรากฎ ของดาวสว่างเมื่อปีค.ศ. 1054 ตามบันทึกจีน แต่หลังจากนั้นไม่นาน เมื่อการวัด

และการคำนวณเที่ยงตรงแม่นยำขึ้น อัตราการขยายตัวที่คำนวณได้บ่งบอกว่า จุดเริ่มต้นน่าจะเริ่มขึ้นเมื่อประมาณ 1140(+/-10) ปีก่อน เว้นเสียแต่ว่าจะมีอะไรบางอย่าง ให้พลังงานแก่เนบิวลา จนมันขยายตัวเร็วขึ้นเรื่อยๆ

ใน ปีค.ศ.1942 วอลเตอร์ บาด และรูดอล์ฟ มินโควสกี (Walter Baade and Rudolph Minkowski) ได้ตีพิมพ์บทความ เกี่ยวกับการวิเคราะห์ การเคลื่อนที่ของฝุ่นก๊าซใน เนบิวลารูปปู พบว่ามีดวงดาว 2ดวง อยู่ที่ศูนย์กลางการขยายตัว ของเนบิวลา หลังจากวิเคราะห์การเคลื่อนที่ ของดาวแต่ละดวง เขาสรุปว่า ดวงดาวที่อยู่ค่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นดวงดาวที่คงเหลืออยู่จาก ซูเปอร์โนวา อันเป็นจุดเริ่มต้นของเนบิวลารูปปู

ปีค.ศ.1949 จอห์น โบลตัน , จี.เจ.สแตนลีย์ และโอ.บี.สลี (John Bolton, G.J.Stanley, O.B.Slee) พบว่าเนบิวลารูปปูเป็น แหล่งกำเนิดของคลื่นวิทยุ ซึ่งต่อมารู้จักกันในนาม Taurus A ต่อมาไอโอซิฟ ชคล็อฟสกี(Iosif Shklovskii) เสนอว่าคลื่นแสงสีขาว-น้ำเงิน และคลื่นวิทยุที่ส่งออกมาจากเนบิวลารูปปู เกิดขึ้นจากกระบวนการที่เรียกว่า Synchrotron radiation ซึ่งเกิดจากอิเลคตรอนเคลื่อนที่หมุนวน ในสนามแม่เหล็กความเข้มสูง 4ปีถัดมา ก็มีผู้พิสูจน์ได้ว่า คลื่นแสงและคลื่นวิทยุ จากเนบิวลารูปปูเป็นแบบโพลาไรซ์ ซึ่งเป็นลักษณะของคลื่นที่เกิดจาก Synchrotron radiation

ในปีค.ศ.1967 แอนโธนี ฮีววิช และโจเซลิน เบลล์ (Anthony Hewish and Jocelyn Bell) พบว่าส่วนหนึ่งของแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุ บนท้องฟ้า มีการกระพริบด้วยความถี่ที่สูงมาก เขาเรียกมันว่า พัลซาร์ (Pulsar - Pulsating Radio source , Pulsating star) ทันทีที่การค้นพบพัลซาร์ ถูกประกาศออกไป ก็ก่อให้เกิดการตั้งทฤษฎีมากมาย เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่พบ หนึ่ง ปีถัดมา เดวิด สเตลลิน และเอ็ดเวิร์ด รีเฟนสไตน์ (Devid Staelin and Edward Reifenstein) ก็ตรวจพบ Crab pulsar ในเนบิวลารูปปู กระพริบเป็นจังหวะ ทุกๆ 33ms ซึ่งต่อมาก็พบว่า มีทั้งคลื่นวิทยุ คลื่นX-ray และคลื่นแสงกระพริบเป็นจังหวะ ทุก 33ms (หรือประมาณ 30ครั้งต่อวินาที) จากดวงดาวในใจกลางเนบิวลารูปปู ดวงเดียวกับที่ วอลเตอร์ บาด และรูดอล์ฟ มินโควสกี วิเคราะห์ไว้เมื่อ ปีค.ศ.1942

สิ่งที่เป็นที่ถกเถียงกันมากในช่วงนั้นคือ ดาวประเภทไหนกัน ที่สามารถปลดปล่อยพลังงานมากมาย และเปลี่ยนแปลงความสว่าง ได้รวดเร็วขนาดนั้น มันต้องมีขนาดที่เล็กมาก แม้แต่ดาวแคระขาวก็ดูจะเป็นไปไม่ได้ ที่จะกระพริบด้วยความเร็วขนาดพัลซาร์ และถ้าเกิดจากการหมุน ความเร็วขนาดนั้นคงทำให้ดาวแคระขาวหลุดเป็นเสี่ยงๆ

วัตถุที่จะสามารถแสดงคุณสมบัติอย่างพัลซาร์ได้ ก็คงจะมีแต่ดาวนิวตรอน(neutron star) เป็นที่ทราบกันว่าเนบิวลารูปปู เป็นสิ่งที่เหลือจากซูเปอร์โนวาในอดีต และวอลเตอร์ บาดก็เคยเสนอไว้ว่า ซูเปอร์โนวา เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของดาวฤกษ์ เป็นดาวนิวตรอน ซึ่งการที่ดวงดาวต้องเปลี่ยนขนาดอย่างรวดเร็ว ก็สามารถทำให้มันหมุนด้วยความเร็วที่สูงขึ้นมากมายได้ (คล้ายๆกับในกรณีการหมุนตัว ของนักเล่นสเก็ตน้ำแข็ง เมื่อเปลี่ยนท่าจากแขนที่กางอยู่ เป็นหุบแขนเข้ามา อัตราการหมุนตัวของนักสเก็ต ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว) พัลซาร์ก็คือดาวนิวตรอนที่หมุนรอบตัวเองอย่างรวดเร็ว ปลดปล่อยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ออกมาเป็นจังหวะ (คล้ายๆกับลักษณะของดวงไฟที่หมุนวน กระพริบอยู่บนยอดของประภาคารริมทะเล) ดาวนิวตรอนในใจกลางเนบิวลารูปปู มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20กิโลเมตร แต่มีมวลมากเป็น 2เท่าของดวงอาทิตย์ มีแรงโน้มถ่วงสูงกว่าโลกถึงล้านล้านเท่า หมุนวนด้วยความเร็วถึง 30ครั้งต่อวินาที

ดาวนิวตรอนและเนบิวลา ครั้งหนึ่งเคยเป็นดาวฤกษ์ มีขนาดประมาณ 8-10เท่าของดวงอาทิตย์ เมื่อประมาณ 7,000ปีก่อน ดาวฤกษ์หมดเชื้อเพลิงที่ใช้ในปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ไม่มีพลังงานเพียงพอที่จะต่อสู้กับแรงโน้มถ่วงของตน ดวงดาวจึงลดขนาดลงอย่างรวดเร็ว เกิดการระเบิดปลดปล่อยพลังงาน และมวลสารเป็นซูเปอร์โนวา เนื่องจากมันอยู่ห่างออกไปจากเรา ประมาณ 6,000ปีแสง จึงเพิ่งปรากฏให้ชาวโลกได้เห็นเมื่อปีค.ศ. 1054 สิ่งที่เหลืออยู่ให้เราเห็นในปัจจุบันคือ Supernova remnant และดาวนิวตรอนซึ่งอยู่ในแกนกลาง ให้พลังงานแก่ก๊าซโดยรอบ จนมีการขยายขนาดด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ในปีค.ศ.1963 เฮอร์เบิร์ท ฟรีดแมน (Herbert Friedman) ควบคุมการทดลองส่งจรวดขึ้นไป เพื่อตรวจจับแหล่งกำเนิด คลื่น X-rayในอวกาศ พบว่า เนบิวลารูปปูเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น X-rayที่แรงมากบนท้องฟ้า ฟรีดแมนคาดว่าคลื่นX-rayนี้ส่งออกมา จากดาวนิวตรอน(neutron star) ที่อยู่ในใจกลางเนบิวลารูปปู เมื่อกล้องโทรทรรศน์X-ray จันทราขึ้นสู่ฟากฟ้า เราทำให้เราได้ศึกษาเนบิวลารูปปูในช่วงคลื่นX-ray ภาพที่ปรากฏ สามารถช่วยอธิบายกระบวนการ ที่ดาวนิวตรอนถ่ายทอดพลังงานมหาศาล ให้แก่เนบิวลาข้างเคียง ดาวนิวตรอนที่หมุนวนด้วยความเร็วสูง สร้างสนามแม่เหล็กที่แรงมากโดยรอบ ความต่างศักย์มากมายที่เกิดขึ้น ปั่นป่วนอิเลคตรอนและโพสิตรอนที่อยู่ในบริเวณนั้น ทำให้เกิดลักษณะ

ของไอพ่น(jet)ที่บริเวณขั้วของดาวนิวตรอน ส่วนบริเวณเส้นศูนย์สูตร อนุภาคทั้งหลายถูกผลักออกไปอย่างรุนแรง เคลื่อนที่เป็นเกลียวในสนามแม่เหล็ก แผ่พลังงานออกมา จากกระบวนการที่เรียกว่า Synchrotron radiation จากรูปในช่วงคลื่น X-ray คุณจะเห็นลักษณะของ อนุภาคโดยรอบที่รับพลังงานจากดาวนิวตรอน หมุนวนคล้ายพายุหมุน เกิดลักษณะที่เรียกว่า Pulsar Wind Nebula

ในปีค.ศ.1976 ดาวเทียม Cos-B ตรวจพบว่า Crab pulsar เป็นแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาด้วยเช่นกัน ภาพข้างล่างนี้แสดงภาพ ในช่วงคลื่นรังสีแกมมา ของท้องฟ้าบริเวณกลุ่มดาว Gemini และ Taurus จุดสว่างดวงล่างขวาคือ Crab pulsar (ส่วนจุดสว่าง ดวงบนซ้ายเป็น Geminga pulsar) ถ่ายโดย Compton Observatory

กลุ่มของกาแล็กซี Clusters and Superclusters of Galaxies

ดวงดาวมากมาย รวมกลุ่มกันเป็นอาณาจักรของดวงดาว ที่เรียกว่ากาแล็กซี และในส่วนของกาแล็กซีเอง ก็ไม่ได้กระจายกันอยู่อย่างสม่ำเสมอ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Group และ Cluster) อาจมีเพียงไม่กี่สิบเช่น ในกรณีทางช้างเผือกของเรา กับหลายๆกาแล็กซีในละแวกใกล้เคียง หรือรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ นับพันๆกาแล็กซี เช่นใน Virgo cluster และเมื่อเราได้ศึกษากาแล็กซีจำนวนมากขึ้น ก็พบว่าหลายๆ Clusters ก็จัดเรียงกันกลายเป็นกลุ่มที่ใหญ่มาก เรียกว่า Supercluster ประสานโยงใยกัน เป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน การศึกษารายละเอียด ของโครงสร้างเหล่านี้ อาจทำให้เราเข้าใจถึง วิวัฒนาการของเอกภพ และกาแล็กซี

กาแล็กซีทางช้างเผือกของเรา เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มกาแล็กซี ที่เรียกว่า Local Group มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1Mpc(Megaparsec ~ 3,260,000ปีแสง) เลยออกไปนอกเขตของLocal Group เป็นอวกาศที่ว่างเปล่า ที่แทบจะไม่พบกาแล็กซีอื่นใดอยู่ กาแล็กซีกลุ่มอื่นที่ใกล้ที่สุด คือ Virgo Cluster อยู่ห่างออกไปประมาณ 18Mpc

Local Group เป็นกลุ่มกาแล็กซีที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก ประกอบด้วยกาแล็กซี เพียงกว่า 30กาแล็กซี รวมกลุ่มกันอยู่ห่างๆรอบ 2กาแล็กซีใหญ่คือ <u>กาแล็กซีแอนโดรมีดา(M31)</u> และกาแล็กซีทางช้างเผือก (Milky Way galaxy) ของเรา กาแล็กซีอื่นที่มีขนาดรองลงมาใน Local Group คือ M33 (Triangulum galaxy) ทั้งกาแล็กซีทางช้างเผือก กาแล็กซีแอนโดรมีดา และM33 ต่างก็เป็นกาแล็กซีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีลักษณะเป็น<u>กาแล็กซีแบบเกลียว(spiral)</u> ส่วนกาแล็กซีอื่นๆที่เหลือใน Local Group เป็นกาแล็กซีแบบทรงรี(elliptical) และแบบ irregular (มีรูปร่างไม่แน่นอน) ส่องแสงออกมาเพียงจางๆ มีขนาดเพียงเล็กๆ แทบจะเรียกได้ว่าเป็นกาแล็กซีแคระ(dwarf galaxy) บางกาแล็กซีมีขนาดเล็กมากจนดูคล้ายกระจุกดาว เลยทีเดียว

ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงจากจากแต่ละกาแล็กซี ทำให้กาแล็กซีทั้งหลายใน Local Group เคลื่อนที่ไปด้วยกันในเอกภพ ดังนั้นเมื่อตรวจดูสเป็คตรัม ของกาแล็กซีเหล่านี้ จึงไม่พบลักษณะของ redshift แบบในกาแล็กซีอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไป ที่จริงมีผู้สังเกตเห็นกาแล็กซีอื่นๆใน Local Group มานานแล้ว (แม้จะเคยไม่ทราบว่ามันเป็นกาแล็กซีอื่นจนกระทั่งช่วงไม่ถึง 100ปีมานี้) เช่น กาแล็กซีแอนโดรมีดา มีบันทึกอยู่ในตำราดูดาวของชาวเปอร์เซีย ตั้งแต่ปีค.ศ. 905 (Book of Fixed Stars ,by Al Sufi)

ส่วนกลุ่มเมฆแม็กเจลแลนเล็ก และ กลุ่มเมฆแม็กเจลแลนเล็กใหญ่ (Small and Large Clouds of Magellan) เป็นกาแล็กซีเล็กๆ ที่มีรูปทรงแบบ Irregular บริวารของทางช้างเผือก เนื่องจากสามารถเห็นได้ เฉพาะจากซีกโลกใต้ จึงเป็นที่รู้จักในหมู่นักดูดาว ทางซีกโลกใต้มานาน แต่เพิ่งได้รับการบันทึกจนเป็นที่รู้จักกัน เมื่อปีค.ศ.1519 โดยกัปตันเฟอร์ดินานด์ แม็กเจลแลน (Ferdinand Magellan) ผู้นำเรือออกเดินทางรอบโลก 400 ปีถัดมา เฮนริเอตทา เลวิตต์ (Henrietta Leavitt) ก็ใช้บริเวณกลุ่มเมฆแม็กเจลแลนนี้แหละ ศึกษาเกี่ยวกับ ดาวแปรแสงประเภทซีฟีอิด(Cepheid Variable) จนเราสามารถใช้ดาวแปรแสงชนิดนี้ วัดระยะทางไกลมากๆ ระหว่างกาแล็กซีในเอกภพได้

เมื่อนักดาราศาสตร์ทราบวิธีวัดระยะทางไกลๆในเอกภพโดย ใช้ดาวแปรแสง ทำให้สามารถค้นหากาแล็กซีอื่น ที่อยู่ไกลออกไปนอกทางช้างเผือก มีการค้นพบกาแล็กซีอื่นๆมากมาย ในบริเวณต่างๆของท้องฟ้า แต่ก็พบได้น้อยมาก ใน

บริเวณแนวของทางช้างเผือก เนื่องจากถูกบังโดยดวงดาวและฝุ่นก๊าซในทางช้างเผือกของเรา จนมีชื่อเรียกกันว่า " Zone of Avoidance"

เดิมเคยเชื่อกันว่า กลุ่มเมฆแม็กเจลแลนใหญ่ ซึ่งอยู่ห่างออกไป 180,000ปีแสง เป็นกาแล็กซีที่อยู่ใกล้ทางช้างเผือกของเรามากที่สุด จนกระทั่ง ในปีค.ศ. 1994 โรดริโก ไอบาตา(Rodrigo A. Ibata) และผู้ร่วมงาน ได้ตรวจวัดการเคลื่อนที่ของดวงดาวแต่ละดวง บริเวณใกล้ ศูนย์กลางทางช้างเผือก พบว่าดาวส่วนหนึ่งมีการเคลื่อนที่แตกต่างจากดวงดาวอื่นๆในทางช้างเผือก เขาแยกภาพของดวงดาว ที่ไม่ธรรมดาเหล่านี้ออกมา แล้วเขาก็สามารถค้นพบ Sagittarius Dwarf Galaxy ซึ่งเป็นกาแล็กซีบริวารที่อยู่ใกล้ที่สุดของทางช้างเผือก อยู่ห่างจากศูนย์กลางของทางช้างเผือก เพียง 50,000ปีแสง แต่ถูกบดบังอยู่เบื้องหลังทางช้างเผือกของเรา

ต่อมามีการใช้วิธีตรวจจับคลื่นวิทยุ มาช่วยค้นหากาแล็กซี โดยใช้กล้องโทรทรรศน์วิทยุ (Radio Telescope) คลื่นวิทยุสามารถ แทรกผ่านฝุ่นก๊าซอันหนาทึบที่ บริเวณใกล้ศูนย์กลางของ กาแล็กซีทางช้างเผือกได้ ทำให้เราสามารถค้นพบ กาแล็กซีอื่นๆอีกมากมาย ที่ถูกบดบังโดยฝุ่นก๊าซเหล่านั้น

ในปีค.ศ.1994ด้วยกล้องโทรทรรศน์วิทยุชื่อ Dwingeloo ในเนเธอร์แลนด์ ทำให้เราสามารถค้นพบ อีกหนึ่งสมาชิกใน Local Group อยู่ไกลออกไปทางทิศของกลุ่มดาว Cassiopia เป็นกาแล็กซีแบบเกลียวขนาดใหญ่พอๆกับ M33 มีชื่อว่า Dwingeloo1 (รูปเล็กแสดงอยูด้านบน)

มีการค้นพบสมาชิกของ Local Group เพิ่มขึ้นทุก 2-3ปี ปัจจุบันสมาชิกใน Local Group ที่ค้นพบแล้วมีกว่า 30กาแล็กซี แต่ก็จัดว่าน้อยนักเมื่อเทียบกับ กลุ่มของกาแล็กซีอื่นๆในเอกภพ

Virgo Cluster เป็นกลุ่มของกาแล็กซีที่อยู่ใกล้ Local Group ของเรามากที่สุด อยู่ไกลออกไปประมาณ 18Mpc ทางทิศของกลุ่มดาวVirgo มีสมาชิกรวมกลุ่มกันอยู่นับพันกาแล็กซี หลายๆกาแล็กซีที่เราได้ศึกษา และได้เห็นภาพถ่ายกันจนคุ้นตาก็อยู่ในกาแล็กซีนี้ สมาชิกส่วนใหญ่ของ Virgo Cluster เป็นกาแล็กซีทรงรีขนาดเล็ก แต่ก็สามารถพบสมาชิกอื่นๆอีกหลากหลายรูปทรง ไม่ว่าจะเป็นทรงกลม ทรงรี หรือแบบเกลียว เนื่องจากเอกภพกำลังขยายตัวออกไป Virgo Cluster จึงกำลังเคลื่อนห่างจากเรา ออกไปเรื่อยๆด้วยความเร็วประมาณ 1,200km/s

ส่วน Coma Cluster ก็เป็นอีกหนึ่งกลุ่มกาแล็กซีที่น่าสนใจ อยู่ห่างจากเราไปประมาณ 100Mpc ทางทิศของกลุ่มดาว Coma Berenices Coma Cluster เป็นกลุ่มกาแล็กซีที่มีขนาดใหญ่และหนาแน่นมาก ประกอบด้วยกาแล็กซี (นับเฉพาะที่สว่างๆ และสามารถเห็นได้จากโลกเรา) จำนวนหลายพัน รวมกลุ่มกันอยู่หนาแน่นบริเวณกลาง Cluster กาแล็กซีส่วนใหญ่เป็นแบบทรงกลม และทรงรี แบบเกลียวพบได้จำนวนเล็กน้อยที่บริเวณขอบ

กาแล็กซีที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ จะมีมวลมากมายมหาศาล แรงโน้มถ่วงที่เกิดขึ้น จะมากจนสามารถดึงแสง ให้เคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งได้ ดังนั้นเมื่อเราส่องกล้องโทรทรรศน์ ไปยังกลุ่มของกาแล็กซีที่อยู่ไกลๆ บางครั้งจะสามารถมองเห็นกาแล็กซีอื่นที่วางตัวอยู่เบื้องหลังได้แสงจากกาแล็กซีที่อยู่เบื้อง หลัง เมื่อเดินทางมาใกล้กลุ่มกาแล็กซี จะถูกแรงโน้มถ่วงดึงเบนมาให้เราเห็น ปรากฏเป็นภาพกาแล็กซีที่โค้งผิดรูป อยู่ตามขอบของกลุ่มกาแล็กซี (คล้ายๆภาพที่เห็น เมื่อมองผ่านโหลแก้วที่ใส่น้ำไว้เต็ม) ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า เลนส์ความโน้มถ่วง หรือ Gravitational Lensing เมื่อคำนวณจากภาพที่ปรากฏ เราสามารถทราบถึงมวลของกลุ่มกาแล็กซีได้ พบว่า แรงโน้มถ่วงนั้นเกิดขึ้นจาก มวลปริมาณมากกว่า ปริมาณมวลที่คำนวณจากเหล่ากาแล็กซี และก๊าซต่างๆที่เราสามารถมองเห็น แสดงว่า ต้องมีมวลสารส่วนหนึ่งในกลุ่มของกาแล็กซีที่เรามองไม่เห็น (Dark Matter) ช่วยสร้างแรงโน้มถ่วงจนเกิดเป็น Gravitational Lensing และจากที่คำนวณได้มีมากมายถึงกว่า 90% ของมวลทั้งหมดเลยทีเดียว

ยิ่งเราใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มองไปได้ไกลขึ้นในเอกภพ เราก็ยิ่งพบกาแล็กซีมากขึ้นเรื่อยๆมากมายจนนับไม่ถ้วน พบการรวมกลุ่มของกาแล็กซีเป็น Cluster ในรูปแบบต่างๆ และในส่วนของกลุ่มกาแล็กซีเอง ก็มีแนวโน้มที่จะรวมกลุ่มกันไปเป็นกลุ่มซึ่งใหญ่กว่า ที่เรียกว่า Supercluster

ทางช้างเผือกของเราและ Local Group อยู่ใน Supercluster ที่เรียกว่า Local Supercluster (หรือบางครั้งเรียกว่า Virgo Supercluster) ซึ่งประกอบด้วยกว่า 20กลุ่มกาแล็กซี ในอาณาบริเวณกว้างประมาณ 40Mpc

และเมื่อเราสังเกตการเรียงตัวของแต่ละ Supercluster จะพบลักษณะที่น่าสนใจ Supercluster ส่วนใหญ่จะเรียงตัวเป็นแนวยาว เชื่อมกับ Supercluster อื่นด้วย กาแล็กซีที่เรียงเป็นแนวเส้นสายเล็กๆ (Filament)บางบริเวณ

กว้างใหญ่มาก จนดูคล้ายลักษณะของกำแพงขนาดใหญ่ (Great Wall) ของ Supercluster หนาหลายสิบล้านปีแสง กว้างยาวหลายพันล้านปีแสง Void คือ ช่องว่างๆระหว่างแนวกำแพงและเส้นสาย จะพบกาแล็กซีอยู่น้อยมาก บางช่อง กว้างกว่าร้อยล้านปีแสงทีเดียว ภาพที่เกิดขึ้นอาจทำให้เราจินตนาการ โครงสร้างของเอกภพว่า คล้ายกับฟองสบู่หรือ ฟองน้ำ โดยมีกาแล็กซีรวมกันอยู่บริเวณเนื้อฟองน้ำ และมีช่องว่างแทรกกระจายอยู่ทั่วไป แต่จากที่เราทราบมาแล้วว่า มวลสารกว่า 90% ของเอกภพนั้นมองไม่เห็น (Dark Matter) จึงอาจเป็นไปได้ว่า อาจมีบางสิ่งที่เรายังไม่รู้จัก ซ่อนอยู่ ตามช่องว่าง หรือ Void เหล่านี้

เมื่อประมาณปีค.ศ.1987 มีกลุ่มนักดาราศาสตร์ซึ่งต่อมามักเรียกกันว่า 7เซียนซามูไร (The Seven Samuri) ได้ ศึกษาการเคลื่อนที่ของหลายร้อยกาแล็กซี พบว่า ทั้ง Local Group และกลุ่มกาแล็กซีใกล้เคียง รวมหมดทั้ง Virgo Supercluster และ Supercluster ใกล้เคียงกำลังเคลื่อนตามกัน เหมือนกระแสของกาแล็กซี ด้วยความเร็วประมาณ 600km/s ไปทางทิศของกลุ่มดาว Centaurus จากการคำนวณคาดว่า น่าจะมี Supercluster หรือมวลสารขนาดใหญ่ มาก ประมาณ 10,000,000,000,000,000 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ อยู่ไกลออกไปประมาณ 65Mpc ทางทิศของกลุ่มดาว Centaurus เรียกกันว่า " Great Atractor" ด้วยแรงโน้มถ่วงอันมหาศาล ดึงดูดกาแล็กซีทั้งหลายในบริเวณที่เราอยู่ ให้ ค่อยๆเคลื่อนที่ไปหา Great Attractor เมื่อเราส่องกล้องโทรทรรศน์สำรวจไปในบริเวณ Great Attractor ก็พบเพียงกลุ่ม กาแล็กซีเล็กๆ (ซึ่งที่ผ่านมาไม่ค่อยจะมีใครสนใจศึกษา เพราะว่าถูกบดบัง โดยดวงดาวจำนวนมาก บริเวณใกล้ศูนย์กลาง ของ กาแล็กซีทางช้างเผือก) กาแล็กซีกลุ่มนี้ชื่อว่า Abell 3627 มีมวลแค่ประมาณ หนึ่งในสิบของ Great Attractor ที่ คำนวณได้ แต่ในปัจจุบันไม่มีใครมั่นใจว่า มีอะไรซ่อนอยู่เบื้องหลัง Abell 3627

บทที่ 7
การสำรวจอวกาศ

อวกาศอยู่สูงเหนือศีรษะขึ้นไปเพียงหนึ่งร้อยกิโลเมตร แต่การที่จะขึ้นไปถึงมิใช่เรื่องง่าย เซอร์ไอแซค นิวตัน นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ ผู้คิดค้นทฤษฎีเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลกและการเดินทางสู่อวกาศเมื่อสามร้อยปีมาแล้ว ได้อธิบายไว้ว่า หากเราขึ้นไปอยู่บนที่สูง และปล่อยก้อนหินให้หล่นจากมือ ก้อนหินก็จะตกลงสู่พื้นในแนวดิ่ง เมื่อออกแรงขว้างก้อนหินออกไปให้ขนานกับพื้น (ภาพที่ 3) ก้อนหินจะเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง **(A)** เนื่องจากแรงลัพธ์ซึ่งเกิดจากแรงที่เราขว้างและแรงโน้มถ่วงของโลกรวมกัน หากเราออกแรงมากขึ้น วิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุจะโค้งมากขึ้น และก้อนหินจะยิ่งตกไกลขึ้น **(B)** และหากเราออกแรงมากจนวิถีของวัตถุขนานกับความโค้งของโลก ก้อนหินก็จะไม่ตกสู่พื้นโลกอีก แต่จะโคจรรอบโลกเป็นวงกลม **(C)** เราเรียกการตกในลักษณะนี้ว่า “การตกอย่างอิสระ” (free fall) และนี่เองคือหลักการส่งยานอวกาศขึ้นสู่วงโคจรรอบโลก หากเราเพิ่มแรงให้กับวัตถุมากขึ้นไปอีก เราจะได้วงโคจรเป็นรูปวงรี **(D)** และถ้าเราออกแรงขว้างวัตถุไปด้วยความเร็ว 11.2 กิโลเมตรต่อวินาที วัตถุจะไม่หวนกลับคืนอีกแล้ว แต่จะเดินทางออกสู่ห้วงอวกาศ **(E)** เราเรียกความเร็วนี้ว่า “ความเร็วหลุดพ้น” (escape speed) และนี่คือหลักการส่งยานอวกาศไปยังดาวเคราะห์ดวงอื่น



ภาพที่ 1 หลักการส่งยานอวกาศ

หมายเหตุ: ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถยิงจรวดขึ้นสู่อวกาศในแนวราบได้ เพราะโลกมีบรรยากาศห่อหุ้มอยู่ ความหนาแน่นของอากาศจะต้านทานให้จรวดเคลื่อนที่ช้าลงและตกลงเสียก่อน ดังนั้นเราจึงส่งจรวดขึ้นสู่ท้องฟ้าในแนวดิ่ง แล้วค่อยปรับวิถีให้โค้งขนานกับผิวโลก เมื่ออยู่เหนือชั้นบรรยากาศในภายหลัง

จรวด (Rocket)

เมื่อพูดถึงจรวด เราหมายถึงอุปกรณ์สำหรับสร้างแรงขับดันเท่านั้น หน้าที่ของจรวดคือ การนำยานอวกาศ ดาวเทียม หรืออุปกรณ์ประเภทอื่นขึ้นสู่อวกาศ แรงโน้มถ่วง (Gravity) ของโลก ณ พื้นผิวโลกมีความเร่งเท่ากับ 9.8 เมตร/วินาที 2 ดังนั้น จรวดจะต้องมีแรงขับเคลื่อนสูงมาก เพื่อเอาชนะแรงโน้มถ่วงของโลก

จรวดทำงานตามกฎของนิวตัน ข้อที่ 3 “แรงกริยา = แรงปฏิกิริยา” จรวดปล่อยก๊าซร้อนออกทางท่อท้าย (แรงกริยา) ทำให้จรวดเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (แรงปฏิกิริยา)

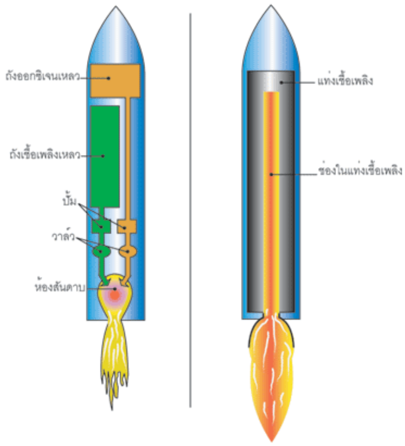


ภาพที่ 2 จรวดอารีอาน นำดาวเทียมไทยคมขึ้นสู่วงโคจร

เราแบ่งประเภทของจรวดตามชนิดของเชื้อเพลิงออกเป็น 2 ประเภท คือ

- จรวดเชื้อเพลิงแข็ง มีโครงสร้างไม่สลับซับซ้อน แต่เมื่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงเกิดขึ้นแล้ว ไม่สามารถหยุดได้

- จรวดเชื้อเพลิงเหลว มีโครงสร้างสลับซับซ้อน เพราะต้องมีถังเก็บเชื้อเพลิงเหลว และออกซิเจนเหลว (เพื่อช่วยให้เกิดการสันดาป) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง และยังต้องมีท่อและปั๊มเพื่อลำเลียงเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเครื่องยนต์เพื่อทำการเผาไหม้ จรวดเชื้อเพลิงเหลวมีข้อดีคือ สามารถควบคุมปริมาณการเผาไหม้ และปรับทิศทางของกระแสก๊าซได้



ภาพที่ 3 จรวดเชื้อเพลิงเหลว และจรวดเชื้อเพลิงแข็ง

จรวดหลายตอน

การนำจรวดขึ้นสู่อวกาศนั้นจะต้องทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงจำนวนมาก เพื่อให้เกิดความเร่งมากกว่า 9.8 เมตร/วินาที2 หลายเท่า ดังนั้นจึงมีการออกแบบถังเชื้อเพลิงเป็นตอนๆ เราเรียกจรวดประเภทนี้ว่า “จรวดหลายตอน” (Multistage rocket) เมื่อเชื้อเพลิงตอนใดหมด ก็จะปลดตอนนั้นทิ้ง เพื่อเพิ่มแรงขับดัน (Force) โดยการลดมวล (mass) เพื่อให้จรวดมีความเร่งมากขึ้น (กฎของนิวตัน ข้อที่ 2: ความเร่ง = แรง / มวล)

ความแตกต่างระหว่างเครื่องบินไอพ่น และจรวด

เครื่องยนต์ของเครื่องบินไอพ่นดูดอากาศภายนอกเข้ามาอัดแน่น และทำการสันดาป (เผาไหม้) ทำให้เกิดแรงดันไปข้างหน้า จนปีกสามารถสร้างแรงยก (ความดันอากาศบนปีกน้อยกว่าความดันอากาศใต้ปีก) ทำให้เครื่องลอยขึ้นได้ ส่วนจรวดบรรจุเชื้อเพลิงและออกซิเจนไว้ภายใน เมื่อทำการสันดาปจะปล่อยก๊าซร้อนพุ่งออกมา ดันให้จรวดพุ่งไปในทิศตรงกันข้าม

จรวดไม่ต้องอาศัยอากาศภายนอก มันจึงเดินทางในอวกาศได้ ส่วนเครื่องบินต้องอาศัยอากาศทั้งในการสร้างแรงยก และการเผาไหม้



ภาพที่ 4 SR-71, X-15 และ Space Shuttle

อากาศยานบางชนิดมีคุณสมบัติทั้งความเป็นจรวดและเครื่องบินในตัวเอง อย่างเช่น X-15, SR-71 และ กระสวยอวกาศ (Space Shuttle) หากดูอย่างผิวเผินเราแทบจะแยกแยะไม่ออกเลยว่า อากาศยานเหล่านี้คือ จรวด หรือเครื่องบินกันแน่ ยกตัวอย่าง เช่น

- SR-71 มีรูปร่างคล้ายจรวด แต่เป็นเครื่องบินไอพ่นที่บินได้เร็วที่สุดในโลก มีความเร็วเหนือเสียง 3 เท่า

- X-15 เป็นเครื่องบินที่ใช้เครื่องยนต์จรวดที่บินได้เร็วที่สุดในโลก มีความเร็วเหนือเสียง 6.7 เท่า

- กระสวยอวกาศ มีรูปร่างคล้ายเครื่องบินปีกสามเหลี่ยมโดยทั่วไป ทว่าเป็นยานอวกาศที่ติดตั้งเครื่องยนต์จรวดไว้ภายในกระสวยอวกาศไม่ใช้ปีกเมื่ออยู่ในอวกาศ แต่ขับเคลื่อนและเปลี่ยนทิศทางด้วยเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งอยู่รอบตัว (ภาพที่ 5) ปีกของกระสวยอวกาศทำหน้าที่สร้างแรงต้านและแรงยก ในขณะที่ร่อนกลับสู่พื้นโลก



ภาพที่ 5 การปรับทิศทางของกระสวยอวกาศ

อุปกรณ์ที่จรวดนำขึ้นไป (Payload)ดังที่กล่าวไปแล้ว จรวดเป็นเพียงตัวขับเคลื่อนขึ้นสู่อวกาศ สิ่งที่จรวดนำขึ้นไปมีมากมายหลายชนิด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือภารกิจ ซึ่งอาจจะมีทั้งการทหาร สื่อสารโทรคมนาคม หรืองานวิจัยทางวิทยาศาสตร์

- ขีปนาวุธ (Missile) เป็นคำที่เรียกรวมของจรวดและหัวรบ เนื่องจากจรวดมีราคาสูง และมีพิกัดบรรทุกไม่มาก หัวรบที่บรรทุกขึ้นไปจึงมีขนาดเล็ก แต่มีอำนาจการทำลายสูงมาก เช่น หัวรบนิวเคลียร์

- ดาวเทียม (Satellite) หมายถึง อุปกรณ์ที่ส่งขึ้นไปโคจรรอบโลก เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ถ่ายภาพ โทรคมนาคม ตรวจสภาพอากาศ หรืองานวิจัยทางวิทยาศาสตร์

- ยานอวกาศ (Spacecraft) หมายถึง ยานพาหนะที่โคจรรอบโลก หรือเดินทางไปยังดาวดวงอื่น อาจจะมีหรือไม่มีมนุษย์เดินทางไปด้วยก็ได้ เช่น ยานอะพอลโล่ ซึ่งนำมนุษย์เดินทางไปดวงจันทร์

- สถานีอวกาศ (Space Station) หมายถึง ห้องปฏิบัติการในอวกาศ ซึ่งมีปัจจัยสนับสนุนให้มนุษย์สามารถอาศัยอยู่ในอวกาศได้นานนับเดือน หรือเป็นปี สถานีอวกาศส่วนมากถูกใช้เป็นห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อประโยชน์ในการวิจัย ทดลอง และประดิษฐ์คิดค้นในสภาวะไร้แรงโน้มถ่วง สถานีอวกาศที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ สถานีอวกาศนานาชาติ ISS (International Space Station)



ภาพที่ 6 สถานีอวกาศนานาชาติ (ISS)

สภาพแวดล้อมในอวกาศ

อวกาศเป็นสภาวะไร้อากาศและแรงโน้มถ่วง ดังนั้นการเคลื่อนที่จึงไร้แรงเสียดทานและความเร่ง ยานอวกาศหรือนักบินอวกาศเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ด้วยการจุดจรวดขนาดเล็ก และจุดจรวดด้านตรงข้ามด้วยแรงที่เท่ากันเมื่อต้องการจะหยุด (ภาพที่ 5)

บนอวกาศเต็มไปด้วยรังสีคลื่นสั้นซึ่งมีพลังงานสูง ดาวเทียมและยานอวกาศอาศัยพลังงานเหล่านี้ด้วยการใช้เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม รังสีคลื่นสั้นเหล่านี้มีอานุภาพในการกัดกร่อนสสาร ดังจะเห็นว่ายานอวกาศและดาวเทียมส่วนมากถูกห่อหุ้มด้วยโลหะพิเศษ สีเงิน หรือสีทอง อุปกรณ์ทุกอย่างที่ใช้ในอวกาศถูกสร้างขึ้นด้วยวัสดุชนิดพิเศษ จึงมีราคาแพงมาก



ภาพที่ 7 มนุษย์อวกาศสวมอุปกรณ์สำหรับเคลื่อนที่ในอวกาศ

บนพื้นผิวโลกมีบรรยากาศคอยทำหน้าที่กรองรังสีคลื่นสั้นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต แต่ในอวกาศไม่มีเกราะกำบัง ในขณะที่นักบินอวกาศออกไปทำงานข้างนอกยาน พวกเขาจะต้องสวมใส่ชุดอวกาศ ซึ่งออกแบบมาเพื่อจำลองสภาพแวดล้อมที่อยู่บนโลก กล่าวคือ ปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะ มีออกซิเจนให้หายใจ มีแรงดันอากาศเพื่อป้องกันมิให้เลือดซึมออกตามผิวหนัง และรังสีจากดวงอาทิตย์ (ภาพที่ 7)

จรวดสำรวจอวกาศ ไต่ระดับขึ้นสู่ความสูง เหนือบรรยากาศของโลก แต่จรวดส่งยาน อวกาศได้ออกแบบไว้ให้นำดาวเทียมขึ้นไปอยู่ในวงโคจรสูงจากผิวโลกระดับหนึ่งหรือ ขับดันพายานอวกาศให้มีความเร็วหลุดพ้นจากแรงดึงดูดของโลก ประมาณปี ค.ศ. 1950 เทคโนโลยีของการขับเคลื่อนด้วยจรวด ก้าวหน้าไปจนถึงระดับที่สามารถส่งดาวเทียม ขึ้นไปโคจรรอบโลกสำเร็จ ถึงแม้ว่าการเดินทางในอวกาศ จากโลกไปยังดวงจันทร์ หรือดาวเคราะห์ดวงใดดวงหนึ่งจะเป็นเรื่องที่มนุษย์ได้ใฝ่ฝันมานานหลายศตวรรษ แล้ว ก็ตาม แต่ในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 มีมนุษย์มีความสารถสร้าวจรวดเพื่อส่งยานอวกาศออกไปจากโลกได้สำเร็จการศึกษาทางวิทยาศาตร์ทั่วโลกในระหว่างปีธรณี ฟิสิคส์นานาชาติ (IGY) ปี ค.ศ 1957-58 เป็นรากฐานสำคัญของการจัดสร้างจรวดขับดันยานขึ้นสู่อวกาศ ในปี ค.ศ 1955

ทั้งสหรัฐและสหภาพโซเวียต ประกาศการจัดโครงการส่งดาวเทียมให้เป็นส่วนหนึ่งของปีธรณีฟิสิคส์สากล ในช่วงแรกๆสหรัฐใช้จรวดจูปิเตอร์-ซี(JUPITER-E)และจรวดแวนการ์ด(VANGARD)ส่งดาวเทียม ขนาดเล็กๆขึ้นสู่วงโคจรรอบโลก จูปิเตอร์-ซีดัดแปลงมาจาก ขีปนาวุธเรดสโตนซึ่งมีพิสัยการยิงในระยะ ปานกลาง และใช้เชื้อเพลิงเหลวเป็นพลังงานขับดัน การดัดแปลงต้องการให้จรวดมีความเร็ว 20,000ฟุตต่อวินาทีซึ่งประกอบความสำเร็จโดยการติดตั้งจรวดชั้นบนอีก2ชั้น ชั้นหนึ่งมีจรวด ใช้เชื้อเพลิงแข็ง4ตัวอีกชั้นหนึ่งใช้จรวดตัวเดียวจรวดแต่ละตัวให้แรงขับ ดัน1,000 ปอนด์ต่อวินาที ในช่วงเวลา6.5วินาทีเนื่องจากจรวดใช้เพลิงแข็งไม่มีระบบนำทิศทางจรวดชั้นบน จะเดินทางหักเหไป เพราะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละแรงผลักดันของแต่ละเครื่องยนต์จรวดในขณะเชื้อ เพลิงเผาไหม้ การคลาดเคลือดเช่นนี้ถูกแก้ไขออกไปโดยการใช้แรงเหวี่ยง คลัสเตอร์ ก่อนยิงจรวดขึ้นโดยการเพิ่มความเร็วขั้นสุดท้าย 5,000 ฟุตต่อวินาที ให้เป็น 25,00 ฟุตต่อวินาที ก็สามารถส่งดาวเทียม ขนาดเล็กความเร็วที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดขึ้นได้โดยวิธีเพิ่มจรวดขึ้นมาอีกตอน หนึ่งพร้อมกับใช้จรวด ใช้เชื้อเพลิงแข็ง ดังนั้นตอนบน จึงประกอบไปด้วย จรวดสองตอน และในที่สุดหนึ่งตัว พาดาวเทียม มีน้ำหนัก 18.1 ปอนด์ขึ้นไปในอวกาศ

ประเทศ แรกที่ส่งดาวเทียมขึ้นคือ สหภาพโซเวียต
ประเทศที่ สองคือ สหรัฐ
ประเทศที่ สามคือ ฝรั่งเศส
ประเทศที่ สี่คือ ญี่ปุ่น
ประเทศที่ ห้าคือ จีน
ประเทศที่ หกคือ อังกฤษ

โครงการสถานีอวกาศซัลยูต

จากความสำเร็จในการลงเหยียบดวงจันทร์ของสหรัฐอเมริกา ทำให้สหภาพโซเวียต (ครั้งนั้นยังไม่ได้แยกประเทศเหมือนปัจจุบัน) คู่แข่งของสหรัฐฯได้มุ่งเป้าหมายไปที่การสร้างสถานีอวกาศโคจรรอบโลกแทน เพื่อใช้ศึกษาการดำรงชีพในสภาวะไร้แรงโน้มถ่วง รวมทั้งการทดลองทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ซึ่งโครงการสถานีอวกาศซัลยูต (Salyut) ของสหาภาพโซเวียตก็เกิดขึ้น และถือเป็นสถานีอวกาศแห่งแรกของโลก คำว่า “ซัลยูต” ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Salute แปลว่า "ให้ความเคารพ"

โครงการสถานีอวกาศซัลยูต เป็นสถานีอวกาศแบบ Single Module คือมีเพียงยูนิตเดียว สถานีอวกาศซัลยูตในรุ่นแรกๆมีท่าเชื่อมต่อ (Docking Port) เพียงท่าเดียวสำหรับยานโซยุส (Soyuz) ยานลำเลียงและยานขนส่งแบบเดียวที่สหภาพโซเวียตใช้ในขณะนั้น ใช้สำหรับสับเปลี่ยนลูกเรือจากโลกและใช้เดินทางกลับสู่โลกครั้งละ 2 ถึง 3 คน

โครงการซัลยูตประกอบด้วยโครงการย่อยๆอีก 9 โครงการ ตลอดช่วงเวลา 11 ปีตั้งแต่ ปีพศ. 2514 ถึง 2528 บางโครงการก็ชื่อเรียกว่า DOS (Orbital Spac Station) ซึ่งเป็นโครงการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และบางโครงการก็ใช้ชื่อ OPS (Orbital Pilots Station) ซึ่งเป็นโครงการเกี่ยวกับการทหาร

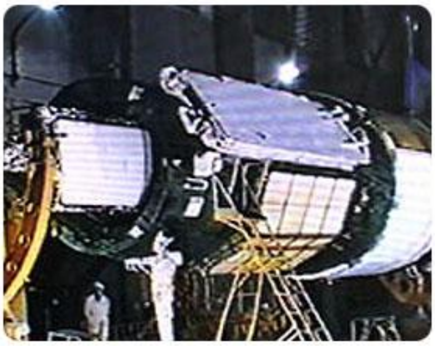
สถานีอวกาศซัลยูต 1 (DOS-1) ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 19 เดือนเมษายน พศ. 2514 ด้วยจรวดโปรตอน (Proton Rocket) ตัวสถานีอวกาศมีน้ำหนัก 18.5 ตัน ยาว 14.4 เมตร ขนาดกว้าง 4.15 เมตร อยู่บนวงโคจรรอบโลกที่ระดับ 200-210 กิโลเมตรจากพื้นดิน วันที่ 22 เมษายน มีการส่งยาน Soyuz10 พร้อมลูกเรือ 3 คนเพื่อจะเข้าไปปฏิบัติงานในสถานีแต่ไม่สามารถเข้าในสถานีได้ เนื่องจากความผิดพลาดในระบบ Docking หรือส่วนเชื่อมต่อ จนวันที่ 7 มิถุนายน ลูกเรือ 3 คน จากยาน Soyuz11 ก็สามารถเข้าไปทำงานในสถานีได้จนถึงวันที่ 29 มิถุนายน แต่ก็เกิดเรื่องเศร้าเมื่อวาวปรับแรงดันของยานกลับโลกทำให้อากาศรั่ว ลูกเรือยาน Soyuz11 ทั้ง 3 ขาดอากาศหายใจและเสียชีวิตเมื่อกลับมาถึงโลก

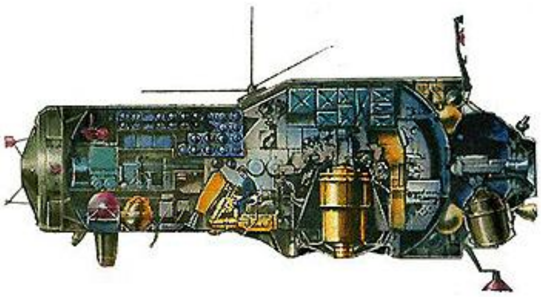
หลังโศกนาฏกรรมจากยาน Soyuz11 ก็ไม่มีการส่งลูกเรือขึ้นไปอีกเลย และปล่อยให้สถานีอวกาศตกสู่โลกที่มหาสมุทรแปซิกฟิค เมื่อวันที่ 11 ตุลาคม พศ.2514



ลูกเรือ 3 คนของยาน Soyuz11

สถานีอวกาศซัลยูต 2 (OPS-1) ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 3 เมษายน พศ.2516 ตัวสถานีมีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกับ Sulyut 1 แต่สิ่งที่ไม่เหมือนกันก็คือ Sulyut 2 ถูกใช้ในโปรแกรมเกี่ยวกับทางทหารมากกว่า ภายใต้ชื่อโปรแกรม Almaz ซึ่งแปลว่า เพชร โดยมีการติดตั้งกล้องแบบพิเศษเพื่อสำรวจลักษณะภูมิประเทศทางทหาร และ การสอดแนม Sulyut 2 ไม่มีลูกเรือประจำการบังคับและควบคุมจากภาคพื้นดิน และมีความผิดผลาดระหว่างการใช้งานโดยใช้งานโคจรรอบโลกได้เพียง 54 วันเท่านั้น ยุติโครงการเมื่อ 28 พค. 2516





Cosmos 557 สถานีอวกาศซัลยูต ภายใต้โปรแกรม Almaz อีกหนึ่ง ซึ่งถูกปล่อยขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม พศ. 2516 (3 วันก่อนการปล่อยสถานีอวกาศสกายแล็ปของสหรัฐอเมริกา) โดยใช้งานอยู่ในวงโคจรได้เพียง 11 วัน ก็เกิดการผิดผลาดจากศูนย์ควบคุมภาพพื้นดินจึงต้องปล่อยให้ Cosmos 557 ตกลงในมหาสมุทรเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม ปีเดียวกัน โครงการนี้รัสเซียทำอย่างเงียบๆซึ่งความลับนี้พึ่งมารู้ในภายหลัง

สถานีอวกาศซัลยูต 3 (OPS-2) เป็นอีกหนึ่งโปรแกรมทางทหาร ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน พศ.2517 มีการทดสอบทำลายเป้าหมายดาวเทียมในอวกาศโดยลูกเรือจากยาน Soyus14 และมีความพยายามจะเปลี่ยนลูกเรือจากยาน Soyus15 แต่ไม่สำเร็จ ทำให้ภาระกิจมีลูกเรือเพียงชุดเดียว และยุติโครงการเมื่อวันที่ 24 มกราคม พศ.2518 รวมโคจรรอบโลกได้ 213 รอบ

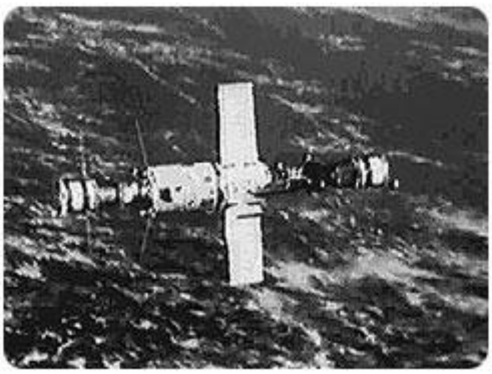
สถานีอวกาศซัลยูต 4 (DOS-4) ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พศ.2517 อยู่บนวงโคจรที่ระดับความสูง 350 กิโลเมตรจากพื้นดิน มีการส่งลูกเรือขึ้นไปสับเปลี่ยนครั้งละ 2 คนด้วยยาน Soyuz 17-18-20 อยู่ในวงโคจร 770 รอบ จนถึงวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พศ.2520 ก็ตกสู่มหาสมทุรแปซิกฟิค



แบบจำลองของสถานีซัลยูต 4 ในพิพิธภัณฑ์

สถานีอวกาศซัลยูต 5 (OPS-3) ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พศ.2519 เป็นโปรแกรมทางการทหารครั้งที่ 3 และครั้งสุดท้าย มีการส่งลูกเรือไปประจำสถานี 2 ครั้งจาก Soyuz 21 และ 24 โคจรรอบโลกอยู่ 412 รอบ และยุติโครงการเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม พศ.2520

สถานีอวกาศซัลยูต 6 (DOS-5) ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 29 กันยายน พศ.2520 ตัวสถานีได้รับการออกแบบใหม่ให้มีท่าเชื่อมต่อ (Docking Port)ได้อีก 1 บริเวณท้ายสถานีสำหรับเป็นท่าเชื่อมต่อของยานขนส่งเสบียง Progress ซึ่งเป็นยานที่ไม่มีคนขับ สำหรับส่งเสบียงและน้ำสำหรับลูกเรือให้สามารถอยู่บนสถานีอวกาศได้นานขึ้น ซึ่งสามารถทำลายสถิติอยู่ได้นานถึง 186 วันเป็นครั้งแรก มีลูกเรือหมุนเวียนมาประจำสถานีจำนวน 33 คน โคจรรอบโลกจำนวน 1764 รอบ จนกระทั่งสถานีได้รับความเสียหายจากการชนของยาน Progress ทำให้ต้องยุติโครงการเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม พศ. 2525



ซัลยูต 6 กับยาน Soyus และยานลำเลียง Progress

สถานีอวกาศซัลยูต 7 (DOS-6) เป็นโครงการสถานีอวกาศซัลยูตสุดท้าย ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 19 เมษายน พศ. 2525 ซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ไจโรบนสถานีอวกาศเป็นครั้งแรก เพื่อสร้างสมดุลให้กับสถานี และเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กับสถานีอวกาศรุ่นต่อๆมา



สถานีอวกาศซัลยูต 7 กับยาน Soyuz_TM

ซัลยูต 7 ใช้งานอยู่จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พศ.2528 เมื่อสถานีควบคุมบนภาคพื้นดินตัดการติดต่อกับสถานีโดยบังเอิญ ทำให้สถานีอวกาศหายไปและติดต่อไม่ได้เป็นเวลานาน แม้ภายหลังจะสามารถติดตามกลับมาได้และส่งลูกเรือเข้าไปในสถานีได้ แต่ก็พบว่าสถานีเสียหายและใช้งานไม่ได้อีก ประกอบกับสหภาพโซเวียตเองก็มีโครงการจะสร้างสถานีอวกาศแห่งใหม่คือ สถานีอวกาศเมียร์ จึงได้ยุติโครงการนี้ไป

สถานีอวกาศเมียร์ (MIR Space Station)



เมียร์ สถานีอวกาศของโซเวียตซึ่งปัจจุบันได้กลายมาเป็นสถานีอวกาศที่มีปฏิบัติการร่วมกันระหว่างหลายชาติ และเป็นสถานีอวกาศเพียงแห่งเดียวของโลกได้โคจรอยู่ในอวกาศมานานถึง 11 ปีแล้ว ในรอบปีที่ผ่านมา เมียร์ซึ่งล่วงเข้าสู่วัยชราแล้วต้องประสบกับปัญหาซ้ำแล้วซ้ำเล่า

สถานีอวกาศเมียร์

ผู้ที่ติดตามข่าวสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคงจะสังเกตได้ว่าสถานีอวกาศเมียร์ (Mir space station) ปรากฏเป็นข่าวอยู่บ่อยครั้งด้วยเรื่องในทางที่ไม่ค่อยดีทั้งสิ้น เช่น เครื่องทำความเย็นไม่ทำงานบ้าง สถานีมีรอยรั่วซึมบ้าง ฯลฯ และที่ร้ายที่สุดคือโดยยานอวกาศชนจนชำรุดเสียหายขนาดหนัก หลังจากนั้นก็ประสบกับปัญหาซ้ำเติมไม่หยุดหย่อน

ผู้ที่ติดตามข่าวส่วนใหญ่อาจไม่ทราบว่าสถานีอวกาศเมียร์นั้นมีความเป็นมาอย่างไร และมีความสำคัญเช่นไร นิทรรศการนี้จึงขอนำเสนอความเป็นมา ความสำคัญ และปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นกับสถานีอวกาศแห่งนี้แก่คุณผู้อ่าน พร้อมทั้งภาพถ่ายในอวกาศที่หาดูได้ยาก

ก่อนจะมาเป็นเมียร์

สหรัฐอเมริกาและสหภาพโซเวียต (ชื่อในสมัยก่อน ปัจจุบันสหภาพโซเวียตล่มสลายไปแล้ว) ต่างก็แข่งขันกันเพื่อชิงความเป็นหนึ่งทางด้านอวกาศ โลกก้าวเข้าสู่ยุคอวกาศในทศวรรษที่ 1950 โดยแรกที่สุดนั้น โซเวียตสามารถส่งดาวเทียมขึ้นสู่ห้วงอวกาศได้ก่อน ดาวเทียมดวงแรกของโลกนี้มีชื่อว่า สปุตนิก 1 (Sputnik 1) ถูกส่งขึ้นสู่ห้วงอวกาศในปี ค.ศ. 1957 และในปีถัดมา สหรัฐอเมริกาก็ไม่ยอมน้อยหน้า ส่งดาวเทียมเอ็กซ์พลอเรอร์ 1 (Exploror 1) ตามขึ้นไปบ้าง หลังจากนั้นทั้ง 2 ชาติต่างก็ขับเคี่ยวด้านการบุกเบิกอวกาศกันมาตลอด

เมียร์ กรุยทางสู่นิคมในอวกาศ

เมื่อหมดจากยุคของซัลยุตและสกายแล็บก็เข้าสู่ยุคของสถานีอวกาศเมียร์ วัตถุประสงค์ของเมียร์ยังคงคล้ายคลึงกับของซัลยุต นั่นคือใช้เป็นสถานที่ศึกษาการใช้ชีวิตในห้วงอวกาศในระยะยาว รวมทั้งใช้สังเกตปรากฏการณ์ในห้วงอวกาศและใช้ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ผสมกันไปทั้งกิจการทหารและพลเรือน

ใน ขณะที่โซเวียตให้ความสนใจบุกเบิกอวกาศทางด้านสถานีอวกาศอันจะเป็นฐานความรู้ สำหรับการสร้างนิคมในอวกาศต่อไปดังในนิยายวิทยาศาสตร์ สหรัฐอเมริกาดูเหมือนจะไม่อยากแข่งขันด้วย แต่หันไปเอาดีทางด้านโครงการกระสวยอวกาศ (space shuttle) อันเป็นยานที่ใช้เป็นพาหนะเดินทางไปมาระหว่างโลกและอวกาศได้หลายครั้ง แต่ก็ปรากฏในเวลาต่อมาว่าโครงการของทั้ง 2 ชาตินี้สามารถหนุนเสริมการบุกเบิกอวกาศซึ่งกันและกันได้เป็นอย่างดี

สถานีอวกาศเมียร์เป็นสถานีอวกาศแบบแยกส่วน มีส่วนประกอบหลักทั้งสิ้น 7 ส่วนหรือที่เรียกว่า 7 มอดูล (module) โดยส่วนแกน (core module) ซึ่งเป็นมอดูลหลักในการให้มอดูลอื่นๆมาต่อด้วยนั้นถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเหนือโลก 390 กิโลเมตรเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 1986 และหลังจากนั้นมอดูลอื่นๆก็ถูกส่งตามขึ้นไปในภายหลัง

มารู้จักกับเมียร์

สถานีอวกาศเมียร์ เป็นโครงการอวกาศด้านวิทยาศาสตร์ของรัสเซีย รุ่นที่สาม นับจากโครงการ Salyut Station เมื่อปี 1970 และ 1980 ซึ่งประสพผลสำเร็จทำให้ MIR เติบโตขึ้นมา

ชื่อ MIR มีความหมายว่า สันติ (Peace) โดยโครงการสถานีอวกาศเมียร์ เริ่มขึ้นครั้งแรกเมื่อปี 1986 ชิ้นส่วนสถานีชิ้นแรก ที่เรียกว่า Core Module ถูกส่งเข้าสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 1986 (พศ. 2529) อยู่ในวงโคจรที่ระดับความสูง 248-261 กิโลเมตร (อยู่ต่ำกว่า สถานี ISS) โดยโคจรรอบโลกด้วยความเร็ว ประมาณ 28,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือประมาณ 16 รอบต่อ 1 วัน ทำมุมเอียงกับเส้นอิคลิปติด 51.6 องศา และหลังจากนั้น ชิ้นส่วนอื่นๆของสถานีก็ถูกส่งขึ้นไปเชื่อมต่อเรื่อยๆ มีมูลค่าทั้งสิ้น 4.2 พันล้านเหรียญสหรัฐ

สรุปเหตุการณ์ช่วง 15 ปีที่ผ่านมา

- 1986 สหภาพโซเวียด ส่งโมดูลของสถานีเมียร์ส่วนแรก Core Module เข้าสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 1986 และลูกเรือกลุ่มแรกที่ขึ้นบนสถานี เมื่อวันที่ 13 มีนาคม

- 1987 โมดูลส่วนที่สอง Kvant-1 ก็ถูกส่งขึ้นไป เชื่อมต่อ แต่ประสพปัญหาในการต่อยาน ปรากฏว่า พบเศษขยะอยู่ในส่วนเชื่อมต่อ (Docking Port)

- 1991 ยานขนส่งสินค้าควบคุมไม่ได้ระหว่างเข้าเชื่อมกับ สถานีทำให้เกือบชนกับสถานีอวกาศ และทางรัสเซีย ขาดเงินทุน ประกอบกับการล้มสลายของสหภาพโซเวียต ทำให้ลูกเรือ ต้องอยู่ในอวกาศนานขึ้นกว่าที่กำหนดไว้

- 1995 นักบินอวกาศชาวรัสเซีย Valery Polyakov เดินทางกลับโลก หลังจากที่ต้องอยู่ในอวกาศนานถึง 438 วัน หรือ 14 เดือน นับเป็นการอยู่ในอวกาศนานที่สุด เป็นครั้งแรก และ Norman Thagard เป็นชาวอเมริกันคนแรก ที่ไปเยี่ยมสถานีอวกาศเมียร์

- 1997 เกิดอุบัติเหตุร้ายแรงอย่างต่อเนื่อง กับสถานีอวกาศ โดยครั้งแรก 23 กุมภาพันธ์ ถังผลิต อ๊อกซิเยนในสถานีเกิดติดไฟขึ้น ทำให้เกือบไฟครอก ลูกเรือในสถานี , วันที่ 25 มิถุนายน ยานสินค้า กระแทกกับตัวสถานี ระหว่างการฝึกควบคุมการเชื่อมต่อ ด้วยมือ ทำให้ส่วนห้องทดลองอากาศรั่ว แต่ลูกเรืออุดลอยรั่วไว้ได้ทัน , สองวันต่อมาคอมพิวเตอร์ บนสถานีดับ, เดือนกรกฏาคม ลูกเรือตัดพลังงานบนสถานี ก่อนกำหนดทำให้สถานีต้องลอยคว้างอยู่ในอวกาศ และอีก 1 เดือนต่อมา เครื่องคอมพิวเตอร์หลักดับ ระหว่างเชื่อมต่อกับยานขนส่งสินค้า ทำให้สถานีต้อง ลอยคว้างในอวกาศควบคุมไม่ได้อีกครั้ง

- 1999 รัสเซียประกาศจะทิ้งสถานีอวกาศเมียร์ในปี คศ.2000 นอกจากว่าจะมีเงินทุนมาสนับสนุน และนักบินอวกาศ Sergei Avdeyev ทำสถิติใหม่อยู่บนสถานีอวกาศนานที่สุดคือ 747 วัน และเดินทางกลับโลกวันที่ 27 สิงหาคม

- 2000 MirCorp ซึ่งนักธุระกิจชาวอเมริกันเป็นเจ้าของ ชื่อ Dennis Tito วางโครงการจะเช่าสถานีอวกาศ เมียร์ และจะจัด space tourist สร้างโมดูลเพื่อ เชื่อมต่อกับสถานีอวกาศนานาชาติ และตัวเค้าก็จะ เดินทางไปอยู่บนเมียร์ด้วย แต่ทางการ รัสเซียแจ้งว่า MirCorp ไม่ทำตามข้อตกลง จึงประกาศจะทิ้ง สถานีอวกาศเมียร์

ประวัติศาสตร์อันยาวนาน

นับจากวันที่ชิ้นส่วนแรกของเมียร์ถูกปล่อยขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี คศ.1986 จนถึงปัจจุบัน เมียร์มีอายุเกือบ 15 ปีแล้ว โคจรรอบโลกมาแล้ว 83,500 รอบ ประวัติศาสตร์อันยาวนานของเมียร์ ที่ให้ประโยชน์แก่วงการวิทยาศาสตร์ อย่างมากมาย มีมนุษย์ได้ขึ้นไปอยู่แล้ว 104 คน จากอังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน และประเทศอื่นๆ ซึ่งเป็นของรัสเซียเอง 42 คน มีการทำสถิติให้มนุษย์ อยู่ในอวกาศได้นานที่สุด 747 วัน โดยนักบินอวกาศ Sergei Avdeyev ระหว่างปีคศ.1997-1999 และการเดินในอวกาศของมนุษย์อวกาศ 78 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 352 ชั่วโมง โดยสถิติเป็นของ Anatoly Solovyov เดินในอวกาศ 16 ครั้ง รวมเวลา 77 ชั่วโมง

วาระสุดท้ายของเมียร์

ในปี คศ. 1999 ทางการรัสเซียประกาศจะทำลายสถานีอวกาศเมียร์ทิ้ง โดยให้เหตุผลว่า แบกรับภาระ ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงสถานีไม่ไหว อีกทั้งต้องร่วมโครงการสถานีอวกาศนานาชาติด้วย ทำให้ขาดเงินทุน ปรับปรุง และอายุของสถานีก็นานมากทรุดโทรม และเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงบนสถานีอวกาศในปี 1997 ติดต่อกัน

หัวหน้าองค์การอวกาศรัสเซีย Yuri Koptev กล่าวว่า "จะไม่เป็นการปลอดภัยหากปล่อยให้เมียร์ยังอยู่ใน วงโคจรต่อไป ระบบต่างๆของสถานีก็เริ่มชำรุดแล้ว" โดยครั้งแรกวางเป้าหมายจะให้สถานีอวกาศตกบริเวณ มหาสมุทรแปซิฟิค ทางตะวันออกของทวีปออสเตเลีย ราววันที่ 27-28 กุมภาพันธ์ 2001 แต่ก็มีการเลื่อนกำหนดล่าสุดทางการรัสเซียแจ้งว่าจะให้สถานีอวกาศเมียร์กระทบโลกในวันที่ 20 มีนาคม 2001 นี้แน่นอน โดยจะทำการลดระดับความสูงของสถานีให้เหลือ 210 กิโลเมตร แล้ววันที่ 20 มีนาคม ยาน Progress จะจุดเครื่องยนต์ เพื่อลดระดับของสถานี โดยจะลงต่ำเหนือประเทศรัสเซียและจีน แล้วดิ่งหัวลงสู่ มหาสมุทรแปซิฟิค ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 45 นาทีหลังจากจุดเครื่องยนต์ครั้งสุดท้าย และคาดว่าจะมีชิ้นส่วนเมียร์แตกออกราว 1,500 ชิ้น บางส่วนจะเผาไหม้ไปในชั้นบรรยากาศ คงมีบ้างที่เหลือน้ำหนัก มากสุด 40 ตันจะถึงผิวโลก ซึ่งในงานนี้รัสเซียได้ทำวงเงินประกันไว้ 200 ล้านเหรียญสหรัฐ ถ้าหากชิ้นส่วนของเมียร์ ทำความเสียหายกับประชาชน โดยมีบริษัทประกันของรัสเซียเข้าร่วมกันครั้งนี้ 3 บริษัทด้วยกัน



ภาพสุดท้ายของเมียร์

อุปสรรคของเมียร์

สถานีอวกาศเมียร์นั้นถูกออกแบบให้มีอายุใช้งาน 5 ปี มีมนุษย์อวกาศประจำการอยู่ตลอดเวลาอย่างน้อย 1 คน แต่ปกติจะมี 2-3 คน เข้าประจำการเป็นผลัด ผลัดละประมาณ 6 เดือน (แต่ในความเป็นจริงแล้ว สถานีอวกาศเมียร์นี้มีช่วงเวลาที่ไม่มีมนุษย์ประจำการอยู่เลย 2 ช่วง ช่วงละหลายเดือน คือในปี ค.ศ. 1986 และ 1989) แต่หลังจากที่สหภาพโซเวียตล่มสลายในปี ค.ศ. 1991 แว่นแคว้นต่างๆสหภาพโซเวียตแตกเป็นรัฐเอกราช สภาพเศรษฐกิจของรัสเซียซึ่งเป็นแคว้นสำคัญก็เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อความดำรงอยู่ของสถานีอวกาศเมียร์ด้วย เมียร์ถูกตัดงบประมาณลงจนเหลือเพียงน้อยนิด โครงการไม่สามารถดำเนินไปได้ตามแผน ทางออกที่จะสามารถต่อชีวิตของเมียร์ออกไปอีกก็คือการหารายได้เข้ามาจุนเจือ



เอาทุกทาง รัสเซียพยายามอย่างหนัก เพื่อหารายได้มาจุนเจือสถานีอวกาศ เมียร์ และล่าสุด วาสิลี ซิบลิเยฟ นักบิน อวกาศชาวรัสเซียก็ได้รับเป็นนายแบบ โฆษณานมสดยี่ห้อหนึ่งของอิสราเอล ภาพยนตร์โฆษณานี้ถ่ายทำในสถานี อวกาศนั่นเอง งานนี้สถานีอวกาศ เมียร์ได้รับค่าตอบแทนถึง 2 แสนดอลลาร์

โชคยังเข้าข้างเมียร์อยู่บ้าง ทั้งนี้ เนื่องจากปัจจุบันเมียร์เป็นสถานีอวกาศเพียงแห่งเดียวของมนุษย์ ดังนั้นเมื่อพูดถึงความรู้ความชำนาญด้านสถานีอวกาศแล้ว รัสเซียยังเหนือกว่าสหรัฐอเมริกาอยู่หลายขุม ดังนั้นเมื่อสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นผู้นำด้านอวกาศแห่งโลกทุนนิยมคิดทำโครงการสถานีอวกาศนานาชาติขึ้น จะอย่างไรก็ต้องชวนรัสเซียเข้ามาร่วมวงด้วย

ด้วย เหตุนี้ ต่อ มารัสเซีย (รัสเซียนี้เป็นการเรียกรวมๆ หมายถึงรัฐต่างๆที่เคยประกอบกันเป็นสหภาพโซเวียตมาก่อน) จึงได้จับมือกับสหรัฐอเมริกาเพื่อบุกเบิกโครงการสร้างสถานีอวกาศนานาชาติโดย มีสหรัฐฯและรัสเซียเป็นกำลังหลัก ยุโรป แคนาดา และญี่ปุ่นเป็นผู้สนับสนุน โครงการร่วมนี้เป็นการใช้สถานีอวกาศเมียร์นี้เพื่อเป็นสถานที่ฝึกฝนบุคลากร และเตรียมความพร้อมด้านเทคนิคในการร่วมมือกันเพื่อการสร้างสถานีอวกาศนานา ชาติซึ่งมีกำหนดส่งขึ้นสู่ห้วงอวกาศในปี ค.ศ. 2002 พูดง่ายๆก็คือใช้เป็นสถานที่ฝึกงานนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ เมียร์จึงได้รับเงินอุดหนุนจากสหรัฐอเมริกาเพื่อใช้ในโครงการปฏิบัติการร่วม ดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ ในปี ค.ศ. 1995 ซึ่งเป็นปีที่ 8 ของเมียร์ มอดูลสเปกตร์ (Spektr module) จึงได้ถูกส่งขึ้นไปเป็นส่วนหนึ่งของสถานีอวกาศเมียร์ มอดูลนี้ติดตั้งไว้ด้วยแผงเซลล์สุริยะและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา และต่อมาในปี ค.ศ. 1996 มอดูลไพรรอดา (Priroda module) ซึ่งบรรจุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งของสหรัฐอเมริกาและยุโรปก็ถูกส่งตามขึ้นไป

ในปี ค.ศ. 2005 มนุษย์เราก็จะมีสิ่ง ก่อสร้างขนาดมหึมาในอวกาศ ใหญ่จนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากโลก สิ่งนั้นก็คือ สถานีอวกาศ (Space Station) อันเป็นผลงาน ร่วมกันของนานาชาติถึง 16 ชาติ ความสำเร็จของงานชิ้นนี้ จะนำประโยชน์ มาสู่มวลมนุษย์อย่างมหาศาล

โครงการสถานีอวกาศนานาชาติ ISS = International Space Station เกิดขึ้นจากความร่วมมือกัน โดยมีอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น รัสเซีย และ กลุ่มประเทศในยุโรปเกือบทั้งหมด ร่วมในโครงการ ฯแล้วต่างก็อาศัยข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์กัน

ในเดือนธันวาคม 1998 สถานีอวกาศระหว่างชาติแห่งนี้ ได้เริ่มลงมือประกอบ 2 ชิ้นส่วนแรก คือ ...

1. ส่วนอาศัย (Living Zone) มนุษย์อวกาศแต่ละคนจะมีเคบินส่วนตัว ซึ่งประกอบด้วย เก้าอี้ ถุงนอน และช่องกระจกกลม มีส่วนสุขภัณฑ์รวม ซึ่งมีโถอุจจาระ อ่างล้างหน้า และฝักบัวอาบน้ำ แล้วก็มีส่วนครัว ซึ่งมีโต๊ะกินข้าว อุปกรณ์ทำครัว และที่เก็บขยะ

2. ส่วนปฏิบัติการ (Operation Zone) เป็นที่ตั้งของอุปกรณ์ควบคุมสถานีอวกาศ ตลอดจนเครื่องมือ เครื่องใช้ ทางวิทยาศาตร์ มนุษย์อวกาศจะมานั่งปฏิบัติการที่นี่ ทุกห้องในแกนกลางนี้จะปูพรม ผนังทาสีสวยงาม เพดานขาว ติดไฟแสง

นวล แม้ว่าที่จริงแล้ว ไม่จำเป็นต้องมีส่วนล่างหรือบน เพราะทุกอย่างไร้น้ำหนัก แต่ก็ต้อง จัดวางไว้ ให้ผู้อาศัยมีความรู้สึกเหมือนอยู่บ้านบนพื้นโลก

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ติดตั้งกับแกนกลาง อาทิ แผงโซล่าเซลล์ เครื่องตรวจรังสีและคลื่นแม่เหล็กจากดวงดาวต่าง ๆ ห้องกรีนเฮาส์สำหรับปลูกพืชซึ่งจะถูกลำเรียงขึ้นไปประกอบเรื่อย ๆ จนเสร็จสมบูรณ์ใน ค.ศ. 2005



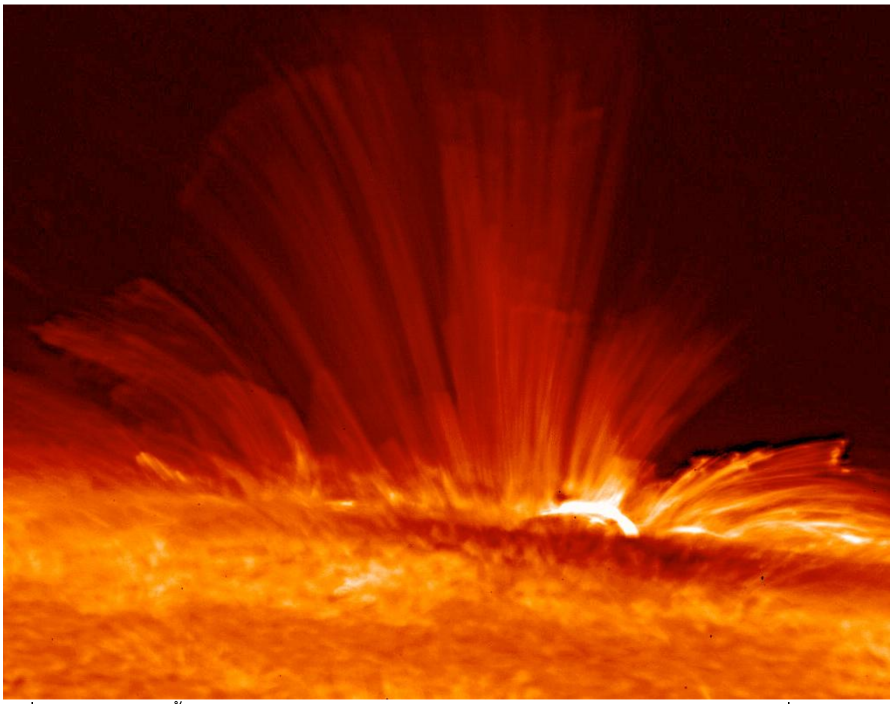
จากนั้นทุก ๆ 90 นาที มันก็จะโคจรครบ 1 รอบโลก ที่ความสูง 354 กม. สถานีอวกาศนานาชาติแห่งนี้จะใสสว่างบนท้องฟ้า เป็นอันดับ 3 รองจาก ดวงจันทร์ และดาวศุกร์คล้ายมังกรยักษ์สีขาวที่พุ่งผ่านไปในอวกาศ โดยมีแผงเซลล์สุริยะใหญ่เกือบ 2 ไร่ครึ่ง เป็นประหนึ่งปีกทั้งสอง รายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆคือ...

- ความกว้าง (รวมปีก) 108.5 เมตร ความยาว 88.4 เมตร- ใช้ค่าก่อสร้างประมาณ สามหมื่นหกพันล้านดอลล่าร์- ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 52 เครื่อง- ใช้เจ้าหน้าที่ประจำ 7 คน ผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนทุก 3-6 เดือนอันทำให้เมียร์มีรายได้มาจุนเจือ

นอกจากนี้แล้ว เมียร์ยังมีรายได้จากการทำงานวิจัยในอวกาศให้แก่บริษัทเอกชนอีกด้วย ซึ่งผลจากการพยายามดำเนินโครงการต่อให้ลุล่วงไปตามแผนงานเดิม รวมทั้งพันธกรณีที่เกิดขึ้นจากการหาเงินทุนมาต่อชีวิตเมียร์ ทำให้เมียร์หมดอายุขัยไปตามกำหนด 5 ปีไม่ได้ แต่ต้องยืดชีวิตตนเองออกไปเพื่อทำภารกิจต่างๆให้แล้วเสร็จ

ภาคผนวก

มารู้จัก [พายุสุริยะ] กันดีกว่า หายนะครั้งยิ่งใหญ่ทุกๆ 11 ปี



ย้อนอดีตไปเมื่อ 300 ปีก่อนนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้รู้ว่า ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยก๊าซร้อนและความดันที่มีอยู่ในก ๊าซนั้นมีค่าสูงพอที่จะรับน้ำหนักของก๊าซที่กดลงมาได้ ดังนั้นดวงอาทิตย์จึงสามารถทรงตัว ทรงรูปร่างและทรงขนาดอยู่ได้และเมื่อ 100 ปีก่อนนี้ นักวิทยาศาสตร์ก็เริ่มรู้ว่า ดวงอาทิตย์มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก และมีฮีเลียมเป็นองค์ประกอบรอง และนอกจากธาตุทั้งสองนี้แล้วดวงอาทิตย์ก็ยังมีธาตุอื ่นๆ เช่น คาร์บอน โซเดียม แคลเซียม และเหล็กบ้าง

ต่อมาในปี พ.ศ. 2476 นักดาราศาสตร์ได้พบว่า ในบางขณะผิวดวงอาทิตย์จะมีเหตุการณ์ระเบิดอย่างรุนแร ง ทำให้มีเปลวก๊าซร้อน พุ่งออกจากผิว และในบางครั้งเปลวก๊าซอาจจะพุ่งไกลถึงล้านกิโลเมตร เหตุการณ์ระเบิดที่ผิวแล้วทำให้มีเปลวก๊าซร้อนพุ่งออ กไปใน อวกาศนี้ เราเรียกว่า พายุสุริยะ (solar wind) การศึกษาพายุสุริยะในเวลาต่อมาได้ทำให้นักวิทยาศาสตร ์รู้ว่า พายุนี้เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่น่าสะพรึงกลัวยิ่ง เพราะเมื่อเรารู้ว่า เปลวก๊าซร้อนที่พุ่งออกมาจากดวงอาทิตย์นั้นนำอนุภาคที่ มีประจุไฟฟ้าออกมากมายด้วย ดังนั้น เมื่ออนุภาคเหล่านี้พุ่งถึงชั้นบรรยากาศ เบื้องบนของโลก ถ้าขณะนั้นมีนักบินอวกาศร่างกายของนักบินอวกาศคนนั้น ก็จะได้รับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าและรังสีต่างๆ มากเกินปรกติ ซึ่งจะทำให้ร่างกายเป็นอันตรายได้

นอกจากนี้ พายุอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอาจพุ่งชนดาวเทียมที่กำลัง โคจรอยู่รอบโลกจนทำให้ดาวเทียมหลุดกระเด็นออกจากวงโค จรได้ และถ้าอนุภาคเหล่านี้พุ่งชนสายไฟฟ้าบนโลก ไฟฟ้าในเมืองทั้งเมืองก็อาจจะดับ ดังเช่นเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เมือง Quebec ในประเทศ คานาดาเป็นเวลานาน 9 ชั่วโมง เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2532 เพราะโลกถูกพายุสุริยะจากดวงอาทิตย์พัดกระหน่ำอย่างร ุนแรง

ความจริงเหตุการณ์ครั้งนั้นได้เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 11 ปีมาแล้ว แต่เมื่อนักวิทยาศาสตร์รู้อีกว่า ทุกๆ 11 ปีจะเกิดเหตุการณ์พายุสุริยะ ที่รุนแรงบนดวงอาทิตย์อีก ดังนั้นปี พ.ศ. 2543 จึงเป็นปีที่นักวิทยาศาสตร์คาดหวังจะเห็นโลกถูกดวงอา ทิตย์คุกคามอย่างหนักอีก ครั้งหนึ่ง และเมื่อขณะนี้โลกมีดาวเทียมที่กำลังปฏิบัติงานอยู่ป ระมาณ 800 ดวงและสหรัฐอเมริกาเองก็มีโครงการจะส่งนักบินอวกาศ ขึ้นไปสร้างสถานีอวกาศนานาชาติในปีนั้นอีกเช่นกัน บุคลากรและดาวเทียมเหล่านี้จึงมีโอกาสถูกพายุสุริยะจ ากดวงอาทิตย์พัดกระหน่ำ จนเป็นอันตรายได้ ก็ในเมื่อเวลาพายุไต้ฝุ่นหรือทอร์นาโดจะพัด เรามีสัญญาณเตือนภัยห้ามเรือเดินทะเลและให้ทุกคนหลบล งไปอยู่ห้อง ใต้ดิน จนกระทั่งพายุพัดผ่านไป การเตือนภัยพายุสุริยะก็เป็นเรื่องที่จำเป็นเช่นกัน เพราะถ้าเรารู้ว่าพายุสุริยะกำลังจะมาถึงโลก โรงไฟฟ้า ก็ต้องลดการผลิตกระแสไฟฟ้า คือไม่ปล่อยกระแสไฟฟ้าออกจากเครื่องเต็มกำลัง เพราะถ้ าไฟฟ้าเกิดช็อต ภัยเสียหายก็จะไม่มาก ดังนั้น การแก้ไขล่วงหน้าก็จะสามารถทำให้ความหายนะลดน้อยลง

แต่ความสามารถของผู้เชี่ยวชาญสภาวะของอวกาศ วันนี้ก็ดีพอๆ ความสามารถของนักอุตุนิยมวิทยาที่สามารถทำนายสภาพของ อากาศ บนโลก เมื่อ 40 ปีมาแล้ว ดังนั้น รัฐบาลสหรัฐฯ จึงได้จัดตั้งศูนย์สภาวะแวดล้อมของอวกาศ (Space Environment Center) ขึ้นมา โดยให้นักวิทยาศาสตร์มีหน้าที่ทำนายสภาพของอวกาศล่วง หน้า และผลงานการพยากรณ์เท่าที่ผ่านมาได้ทำให้เรารู้ว่า คำพยากรณ์นี้มี เปอร์เซ็นต์ถูกถึง 90% ถ้าเป็นเหตุการณ์ที่จะเกิดในหนึ่งชั่วโมง แต่เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดก็จะสูง ถ้าเป็นกรณีการทำนายล่วงหน้า หลายวัน

เพื่อให้คำทำพยากรณ์ต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมากขึ้น องค์การ NASA ของสหรัฐฯ จึงได้วางแผนส่งดาวเทียมดวงใหม่ขึ้น อวกาศเพื่อสำรวจสถานภาพของพายุสุริยะทุกลูกที่จะพัดจ ากดวงอาทิตย์สู่โลกในอีก10 ปี ข้างหน้านี้

ความรู้ปัจจุบันที่เรามีอยู่ขณะนี้คือ ผลกระทบของพายุสุริยะจะรุนแรงอย่างไร และเช่นไร ขึ้นกับ 3 เหตุการณ์ต่อไปนี้ คือเหตุการณ์แรก เกี่ยวข้องกับจุดดับบนดวงอาทิตย์ (sunspot) ซึ่งเป็นบริเวณผิวดวงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริ เวณส่วนอื่น และเป็น บริเวณที่สนามแม่เหล็กจากดวงอาทิตย์สามารถทะลุออกจาก ดวงอาทิตย์ออกมาสู่อวกาศภายนอกได้ ดังนั้น เมื่อเกิดการระเบิดที่ผิวดวง อาทิตย์ในบริเวณนี้ กระแสอนุภาคจะถูกผลักดันออกมาตามแนวเส้นแรงแม่เหล็กน ี้มาสู่โลก และเมื่อกระแสอนุภาคจากจุดดับพุ่งชน บรรยากาศเบื้องบนของโลก มันจะปะทะอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในชั้นบรรยากา ศของโลก (ionosphere) การชนกันเช่นนี้จะทำให้ เกิดกระแสประจุซึ่งมีอิทธิพลมากมายต่อการสื่อสารทางวิทยุ เหตุการณ์สองที่มีอิทธิพลทำให้สภาวะของอวกาศระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ปรวนแปร ในกรณีมีพายุสุริยะที่รุนแรงคือ ชั้นบรรยากาศ ของโลกอาจจะได้รับรังสีเอกซ์

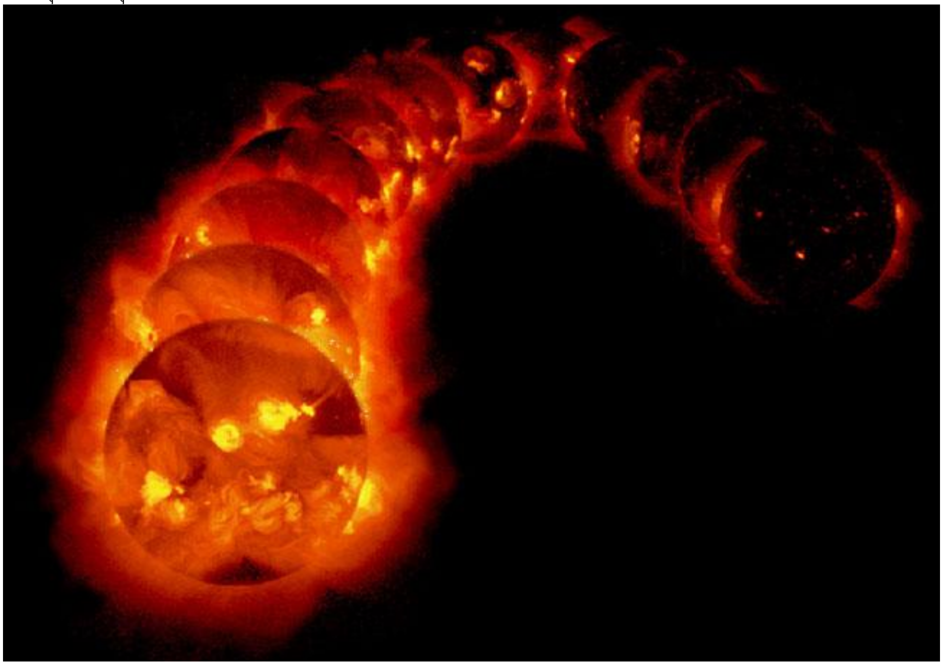
มากกว่าปกติถึง 1,000 เท่า รังสีเอกซ์นี้ จะทำให้อิเล็กตรอนที่กำลังโคจรอยู่รอบอะตอม กระเด็นหลุดออก จากอะตอม และถ้าอิเล็กตรอนเหล่านี้ชนยานอวกาศ ยานอวกาศก็จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง ซึ่งจะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในยานเสีย และนั่นก็หมายถึงจุดจบของนักบินอวกาศ

ส่วนเหตุการณ์สาม ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุด เกิดขึ้นเมื่อกลุ่มก๊าซร้อนหลุดลอยมาถึงโลก และเมื่อมันพุ่งมาถึงโลกสนามแม่เหล็กในก๊าซร้อนนั้นจะบิดเบนสนามแม่เหล็กโลก ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในชั้นบรรยากาศของโลกอย่างมากมา ย กระแสไฟฟ้านี้ จะทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น มันจึงขยายตัว ทำให้ยานอวกาศที่เคยโคจรอยู่เหนือบรรยากาศ ต้องเผชิญแรงต้านของ อากาศ ซึ่งจะมีผลทำให้ยานมีความเร็วลดลงแล้วตกลงสู่วงโคจร ระดับต่ำ และตกลงโลกเร็วกว่ากำหนด

เหล่านี้คือเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นเวลาโลกถูกพายุสุ ริยะกระหน่ำ ดังนั้น เพื่อเตือนภัยล่วงหน้า ศูนย์สภาวะแวดล้อมของอวกาศจึงได้ประกาศคำพยากรณ์สภาวะของอวกาศล่วงหน้าหนึ่งวันทุกวัน เพื่อให้คนเกี่ยวข้องได้รู้ว่า พายุจากอวกาศที่กำลังจะเกิดนั้นรุนแรงเพียงใด และจะมาถึงเมื่อใด โดยใช้ดาวเทียมที่ชื่อ Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) ซึ่งถูกส่งขึ้นไปเมื่อ 5 ปีก่อนนี้ ให้สำรวจดวงอาทิตย์ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง เพราะดาวเทียมดวงนี้อยู่ห่างจากโลก 1.5 ล้านกิโลเมตร และมีกล้องโทรทรรศน์สำหรับ วิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆ บนดวงอาทิตย์ ดังนั้น SOHO ก็สามารถบอกได้ว่า ความเร็วของกลุ่มก๊าซร้อนเป็นเช่นไร และกลุ่มก๊าซนั้นมี ขนาดใหญ่หรือไม่เพียงใด และนอกจากดาวเทียม SOHO แล้วสหรัฐฯ ก็ยังมีดาวเทียมที่ชื่อ Advanced Composition Explorer หรือ ACE อีกด้วย ซึ่ง ACE ถูกส่งไปโคจรรอบดวงอาทิตย์กับโลก และทำหน้าที่รายงานให้โลกรู้ว่า มหพายุสุริยะกำลังจะมาหรือไม่

credit : http://www.ipst.ac.th/thaiversion/pu...solarwind.html

พายุสุริยะรอบหน้าอาจมาช้ากว่าที่เคยคาด เดิมทีนักดาราศาสตร์คาดว่าพายุสุริยะซึ่งทุก ๆ 11 ปี จะรุนแรงและชุกที่สุดครั้งหนึ่งนั้น จะเริ่มต้นรอบถัดไปภายในฤดูใบไม้ร่วงปีที่แล้ว แต่ทว่าผลการคำนวณใหม่โดยผู้เชี่ยวชาญด้านดวงอาทิตย์ จาก Space Weather Center ใน National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) สหรัฐอเมริกา โดยสมาชิกทั้ง 12 คนจากศูนย์สภาพอวกาศดังกล่าวแบ่งออกเป็นสองกลุ่มเท่า ๆ กัน เพื่อทำหน้าที่คำนวณเวลาเริ่มต้น ส่วนอีกกลุ่มคำนวณเวลาที่อาจเกิดพายุสุริยะที่รุนแรง ที่สุด ผลการคำนวณคือ การเริ่มต้นฤดูพายุสุริยะเลื่อนไปเริ่มในเดือนมีนาคม 2551 และเข้าสู่ช่วงที่รุนแรงที่สุดภายในสิ้นปี 2554

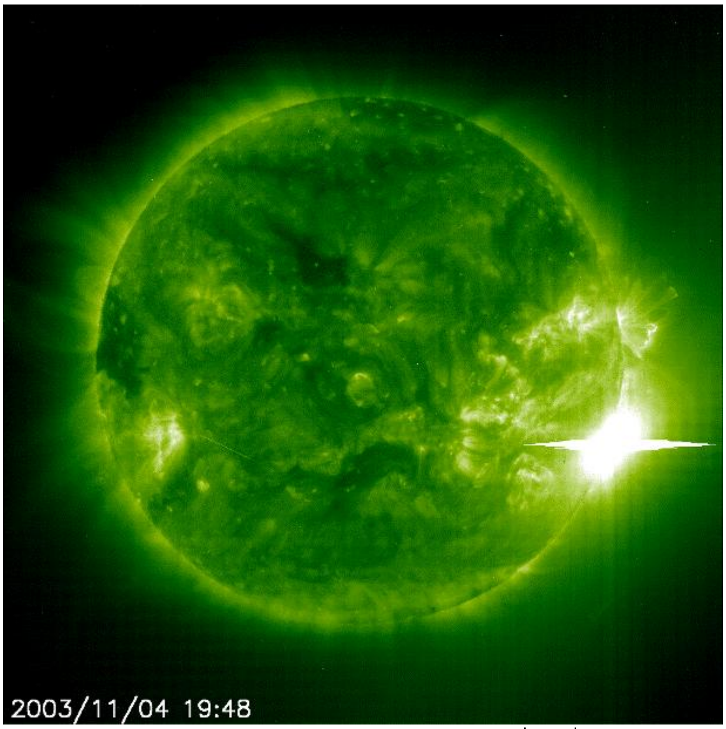


ภาพแสดงการประทุบนผิวดวงอาทิตย์ในรอบ 11 ปี ของวัฏจักรสุริยะ

Credit : NOAA.

พลอากาศจัตวา David Johnson เกษียร์แห่งกองทัพอากาศสหรัฐ ผู้อำนายการ National Weather Service หนึ่งในหน่วยงานหนึ่งของ NOAA กล่าวว่า “ด้วยวิสัยทัศน์ระยะยาว เรากำลังพัฒนาสาขาสภาพอุตุนิยมวิทยาอวกาศอันเป็นสาขา ใหม่และยังคงอยู่ในขั้นเริ่มต้น” “ส่วนการทำนายรอบพายุสุริยะรอบล่าสุดยังคงวางอยู่ห่า งไกลจากความเข้าใจที่แท้จริงเกี่ยวกับดวงอาทิตย์”

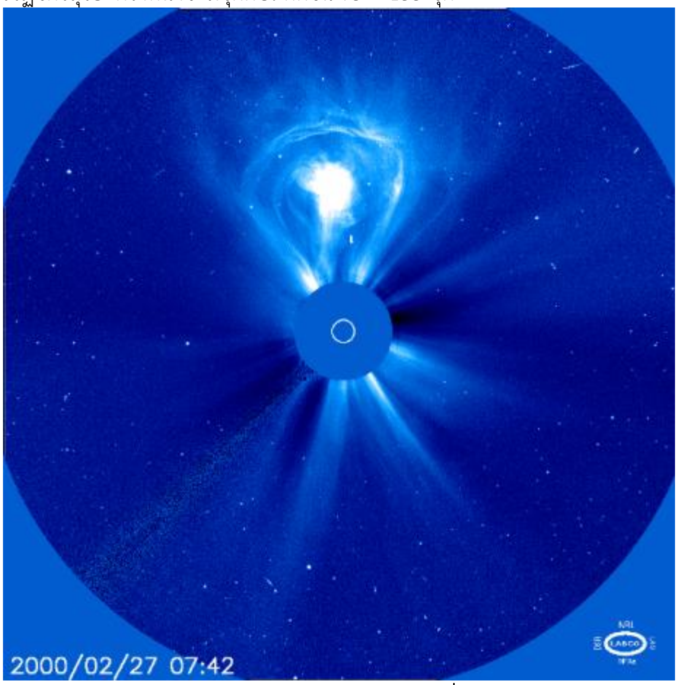
จุดดับ (Sunspots) การลุกจ้าที่ผิว (Solar Flare) และ การปลดปล่อยมวลสู่ชั้นบรรยากาศโคโรนา (Coronal Mass Ejection) เป็นสัญลักษณ์ที่สำคัญของวัฏจักรพายุสุริยะ อนุภาคมีประจุพลังงานสูง จากเหตุการณ์ดังกล่าวสามารถรบกวนวงจรอิเลคทรอนิกส์ขอ งดาวเทียมสื่อสาร ระบบสายส่งพลังงานบนโลก และพุ่งทะลุเข้าไปทำลายเซลล์ หรือทำให้เกิดความผิดปกติในระดับเซลล์ของมนุษย์อวกาศ ที่ไม่สามารถหลบเข้าที่กำบังได้ทัน



การลุกจ้า (Solar Flare) บริเวณขอบทางขวามือ ในย่านรังสีเอกซ์เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2546

Credits : SOHO/EIT (ESA & NASA)

พายุสุริยะยังทำให้เกิดแสงเหนือแสงใต้ (Aurora) บริเวณใกล้ขั้วเหนือและใต้ของโลก เนื่องจากอนุภาคมีประจุมีอันตรกิริยากับสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณดังกล่าว จุดสังเกตสำคัญสำหรับช่วงที่เกิดวัฏจักรสุริยะ (Solar Cycle) คือ จำนวนจุดดับ อันเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณข้างเคียง เนื่องจากสนามแม่เหล็กความเข้มสูง จุดดับเหล่านี้เองที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดอย่างรุน แรงบนผิวดวงอาทิตย์ จนก่อให้เกิดพายุสุริยะครั้งใหญ่ ๆ หลายครั้งในรอบวัฏจักรหนึ่ง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่แล้ววัฏจักรสุริยะครั้งหนึ่งจะมีจุดดับเ กิดขึ้น 75 – 155 จุด



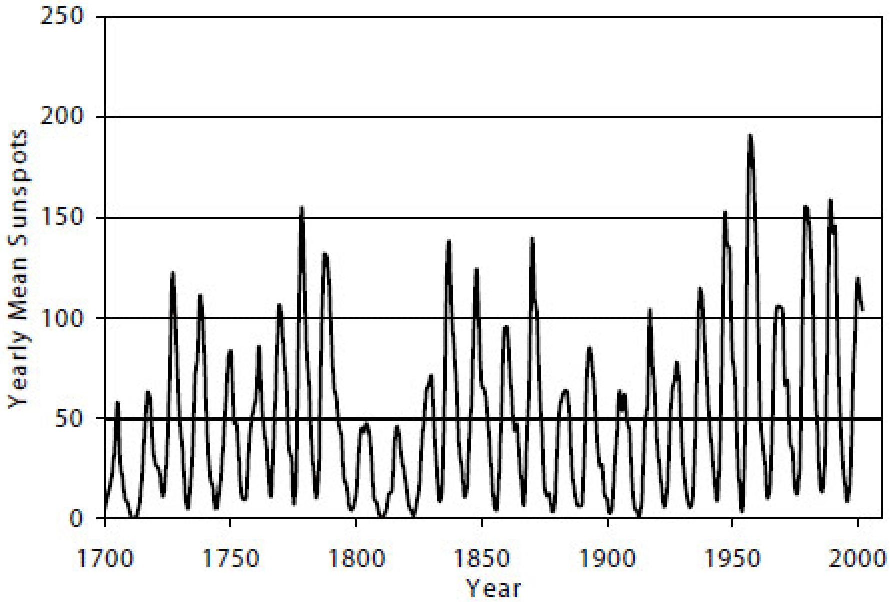
Coronal Mass Ejection คือ กลุ่มเมฆขนาดใหญ่ของอนุภาคมีประจุที่ถูกกักไว้ภายในส นามแม่เหล็กแบบเกลียว ที่ถูกผลักให้ออกมาจากดวงอาทิตย์ด้วยความเร็วสูง Credit : http://www.aip.de/highlight_archive/...006/index.html

รอบวัฏจักรครั้งถัดไปคือรอบที่ 24 (เท่าที่มนุษย์เริ่มต้นบันทึก) ผลการคำนวณคาดว่า จะมีพายุสุริยะในระดับที่รุนแรงปานกลาง โดยมีจำนวนจุดดับถึง 140 จุด (มากหรือน้อยกว่าไม่เกิน 20) จนถึงเดือนตุลาคม 2554 นักวิทยาศาสตร์อีกกลุ่มกลับคำนวณได้ว่าอาจมีจุดดับ 90 จุด (มากหรือน้อยกว่าไม่เกิน 10) สำหรับวัฏจักรรอบที่ 24 แต่ตัวเลขดังกล่าวได้คำนวณโดยอาศัยข้อมูลหลังจากเวลา ผ่านไป 1 ปี หลังฤดูพายุสุริยะรอบที่ 23 สิ้นสุดลง อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มต่างมีเหตุผลและมีมุมมองท ี่ชัดเจนในการที่พวกเขาเชื่อผลการทำนายของตัวเอง และพร้อมที่จะยอมรับได้ว่า

หากผลการคำนวณผิดพลาด พวกเขาก็สามารถทราบได้ว่ามีอะไรผิดพลาดในการคำนวณบ้า ง แต่สิ่งที่พวกเขาเห็นพ้องต้องกันคือพายุสุริยะจะเริ่ มโหมกระหน่ำขึ้นภายในเดือนมีนาคม 2551

สิ่งที่สำคัญสำหรับงานด้านสภาพอุตุนิยมอวกาศคือ การทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นล่วงหน้าก่อนกา รเกิดขึ้นของอันตรกิริยาอันรุนแรงที่จะเกิดขึ้นในอนา คต เพื่อใช้เตรียมตัวรับมืออันตรายจากดาวฤกษ์ที่มีคุณูป การพร้อม ๆ กับภัยมหันต์ต่อโลกดวงนี้

รูปแสดงค่า sunspot numbers ตั้งแต่ปี ค.ศ.1700 ถึงปี ค.ศ. 2002 แต่ละรอบจะมีค่าประมาณ 11 ปี Cycle ที่ 1 เริ่มนับตั้งแต่เดือน มีนาคม ปี ค.ศ. 1755



- Cycle ที่ 1 เริ่มที่ เดือนมีนาคม ค.ศ.1755 สิ้นสุดที่ เดือนมิถุนายน ค.ศ.1766
- Cycle ที่ 2 เริ่มที่ เดือนมิถุนายน ค.ศ.1766 สิ้นสุดที่ เดือนมิถุนายน ค.ศ.1775
- Cycle ที่ 3 เริ่มที่ เดือนมิถุนายน ค.ศ.1775 สิ้นสุดที่ เดือนกันยายน ค.ศ.1784
- Cycle ที่ 4 เริ่มที่ เดือนกันยายนค.ศ. 1784 สิ้นสุดที่ เดือนพฤษภาคม ค.ศ.1798
- Cycle ที่ 5 เริ่มที่ เดือนพฤษภาคม ค.ศ.1798 สิ้นสุดที่ เดือนธันวาคม ค.ศ.1810
- Cycle ที่ 6 เริ่มที่ เดือนธันวาคม ค.ศ.1810 สิ้นสุดที่ เดือนพฤษภาคม ค.ศ.1823
- Cycle ที่ 7 เริ่มที่ เดือนพฤษภาคม ค.ศ.1823 สิ้นสุดที่ เดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 1833
- Cycle 8 เริ่มที่ เดือนพฤศจิกายน ค.ศ.1833 สิ้นสุดที่ เดือนกรกฎาคม ค.ศ.1843
- Cycle 9 เริ่มที่ เดือนกรกฎาคม ค.ศ.1843 สิ้นสุดที่ เดือนธันวาคม ค.ศ.1855
- Cycle 10 เริ่มที่ เดือนธันวาคม ค.ศ.1855 สิ้นสุดที่ เดือนมีนาคม ค.ศ. 1867
- Cycle 11 เริ่มที่ เดือนมีนาคม ค.ศ.1867 สิ้นสุดที่ เดือนธันวาคม ค.ศ.1878

ไซน์เดลี/นิวไซแอนทิสต์/เอเยนซี - **พบจุดดับเริ่ม ต้นวัฏจักรสุริยะใหม่ บนบริเวณซีกเหนือของดวงอาทิตย์ในทิศตรงข้ามกับจุดเดิม นักดาราศาสตร์คาดอาจเกิดพายุสุริยะในปี 2554 ซึ่งจะปลดปล่อยอนุภาคมีประจุสูงมายังโลก ส่งผลกระทบต่อระบบกระจายไฟฟ้า การสื่อสารและอันตรายต่อนักบินอวกาศ**

องค์การสมุทรศาสตร์และบรรยากาศสหรัฐฯ หรือโนอา (National Oceanic and Atmosphere Administration: NOAA) พบจุดมืด (sunspot) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่าจุดดับ* เป็นจุดแรกในระยะเริ่มต้นใหม่ของวัฏจักรสุริยะ (solar cycle) ซึ่งมีคาบเวลาประมาณ 11 ปีบริเวณซีกเหนือของดวงอาทิตย์โดยอยู่ตรงข้ามกับวัฏจักรเดิมทั้งนี้จุดมืดเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นผิวดวงอาทิตย์ แต่เป็นบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสูง ก่อนหน้านี้ผู้เชี่ยวชาญด้านดวงอาทิตย์ซึ่งทำงานร่วมกับโนอาคาดว่าวัฏจักร ใหม่จะเริ่มต้นในเดือน มี.ค.51 นี้ โดยคลาดเคลื่อนเร็วหรือช้า 6 เดือน

สำหรับจุดมืดที่พบนี้มีชื่อว่า #10,981 เป็นจุดมืดแรกของวัฏจักร 24 (cycle 24) ซึ่งเป็นวัฏจักรใหม่ และเป็นจุดมืดล่าสุดที่สังเกตได้นับแต่โนอาได้เริ่มต้นระบุจำนวนจุดมืดตั้งแต่ 5 ม.ค.2513 ที่สำคัญ คาดว่าวัฏจักรใหม่จะค่อนข้างทรงพลังคือทำให้เกิดจุดมืดได้ถึง 150 จุดต่อวันในช่วงจุดมืดมากสุด (sunspot maximum) ซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วง 2554 หรือ 2555 และช่วงเวลาดังกล่าวยังจะเกิดพายุสุริยะรุนแรงด้วย

"ในกรณีนี้เป็นสัญญาณเริ่มต้นของพายุสุริยะ ซึ่งน่าจะเพิ่มสูงขึ้นในอีก 3-4 ปีข้างหน้า" ดักลาส บีเซกเกอร์ (Douglas Biesecker) นักฟิสิกส์สุริยะจากศูนย์พยากรณ์สภาพอวกาศ (Space Weather Prediction Center) ของโนอากล่าว พร้อมเปรียบเปรยว่าการจุดมืดครั้งนี้เป็นเหมือนกับการพบนกรอบินตัวแรกในฤดู ใบไม้ผลิ ระหว่างเกิดพายุสุริยะนั้นอนุภาคที่มีประจุจำนวนมากจะถูกปลดปล่อยออกจากดวง อาทิตย์ซึ่งอาจพุ่งตรงมายังโลก และอนุภาคเหล่านั้นสามารถสร้างความเสียหายต่อระบบจ่ายไฟฟ้า รบกวนระบบสื่อสารและเป็นภัยต่อนักบินอวกาศจากรังสีอันตราย

พายุสุริยะยังสามารถสร้างความเสียหายต่อดาวเทียมสื่อสารและจมสัญญาณระบบจีพี เอสได้ ส่งผลให้กิจวัตรประจำวันอย่างการสนทนาผ่านโทรศัพท์มือถือ หรือการทำธุรกรรมจากตู้เอทีเอ็มอาจชะงักทันทีในพื้นที่ส่วนใหญ่ทั่วโลก

ด้านเดวิด แฮธเวย์ (David Hathaway) จากศูนย์การบินอวกาศมาร์แชล (Marshall Space Flight Center) ขององค์การบริหารการบินอวกาศสหรัฐฯ (นาซา) ในฮันท์วิลล์ อัลบามา กล่าวว่าดาวเทียมฮิโนเดะ (Hinode) ของญี่ปุ่นที่ช่วยนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาความรุนแรงของพายุสุริยะนั้น อาจไวต่อรังสีและอนุภาคที่มีประจุซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ราว ระเบิด และทำให้อุปกรณ์ของดาวเทียมเสียหายและหยุดทำงานก่อนเวลา

"**เราศึกษามามากพอที่จะตระหนักได้โดยพื้นฐานว่า สัญญาณดังกล่าวจะเป็นการปลดปล่อยมวลของชั้นโคโรนา** (ชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์) ซึ่งคล้ายๆ กับการทำนายการเกิดพายุทอร์นาโด ที่นักอุตุนิยมวิทยาคาดการณ์ได้เพียงเล็กน้อย จากการดูสัญญาณเรดาร์และลมในกลุ่มเมฆ แล้วกล่าวได้เพียงว่ามีโอกาสจะเกิดทอร์นาโด"

"แต่สำหรับการทำนายการเกิดพายุสุริยะ เรายังไม่สามารถคาดการณ์ได้แม้แต่อย่างนั้นเลย" แฮธเวย์กล่าว พร้อมเพิ่มเติมว่าการติดตามจำนวนจุดมืดที่เกิดขึ้นตั้งแต่นี้ไป จนถึงกลางปี 2552 จะช่วยรับมือกับคำถามว่า เมื่อใดที่จะเกิดจุดมืดมากที่สุด โดยจำนวนจุดมืดในช่วงนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หากวัฏจักรใหม่ที่ค้นพบนี้เป็นวัฏจักรที่ทรงพลัง.

***หมายเหตุ**

"ผู้จัดการวิทยาศาสตร์" ปรับเปลี่ยนการเรียก sunspot ที่เรียกกันตามความแพร่หลายว่า "จุดดับ" เป็น "จุดมืด" ตามพจนานุกรมศัพท์ดาราศาสตร์อังกฤษ-ไทย ของสมาคมดาราศาสตร์ไทย

โดย ผู้จัดการออนไลน์10 มกราคม 2551

บทความดาราศาสตร์

ถึงแม้มนุษย์จะรู้จักดวงอาทิตย์มานานร่วมแสนปี แต่เราก็ยังไม่เข้าใจดวงอาทิตย์ดีเลย ดวงอาทิตย์ที่เคยทรงความลึกลับสำหรับคนอดีต ก็ยังคงดำรงตัวลึกลับสำหรับคนปัจจุบันอยู่ต่อไป

ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ มนุษย์ได้เฝ้าดูดวงอาทิตย์ขึ้น และตกด้วยความพิศวงและสงสัยในธรรมชาติของมัน ชาวอียิปต์เมื่อ 4,000 ปีก่อนได้เคยเชื่อว่า ในยามดวงอาทิตย์ตกลับฟ้า เทพธิดา Nut จะทรงอ้าพระโอษฐ์ กลืนดวงอาทิตย์ลงพระนาภี

แล้วทรงคลอดดวงอาทิตย์ดวงใหม่ เมื่อถึงเช้าของวันต่อมา Aristotle นักปราชญ์ที่มีชื่อเสียงที่สุดของกรีกโบราณก็ได้เคยพร่ำสอนว่าดวงอาทิตย์ คือลูกไฟดวงใหญ่ที่สว่างไสวบนฟ้า และเจิดอย่างไม่มีวันดับ Anaxagoras ปราชญ์กรีกอีกท่านหนึ่ง ได้เคยประมาณขนาดของดวงอาทิตย์ว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวเพียง 160 กิโลเมตรเท่านั้นเอง

การตระหนักในความสำคัญของดวงอาทิตย์ ต่อสรรพชีวิตบนโลกได้เกิดขึ้นในปี พ.ศ . 2086 เมื่อ Nicolaus Copernicus ได้พบว่าโลกมิได้เป็นศูนย์กลางของจักรวาล และโลกต่างหากที่โคจรไปรอบดวงอาทิตย์ การค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับดวงอาทิตย์ จึงได้เกิดขึ้นอย่างจริงจังตั้งแต่นั้นมา

ปัจจุบันเรารู้ว่าดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลก เป็นระยะทางโดยเฉลี่ย 149 598 023 กิโลเมตร และโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบ โดยใช้เวลานาน 365.253366 วัน ด้วยความเร็ว 107.220 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นักวิทยาศาสตร์ยังรู้อีกว่าขณะนี้ดวงอาทิตย์หนัก 1.9889×10^{27} ตัน ซึ่งนับว่าหนักกว่าโลก ราว 332 946 เท่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 1 392 140 กิโลเมตร และมีอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลาง สูงถึง 15 430 000 องศาเซลเซียส (วัตถุที่มีขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุด หากมี

อุณหภูมิสูงมากเช่นนี้ สามารถแผ่ความร้อนเผาคนที่ยืนอยู่ห่างออกไป 300 กิโลเมตรให้เกรียมตายได้สบาย ๆ) ในการเปล่งแสง และปลดปล่อยพลังงานความร้อนมหาศาลเช่นนี้ ดวงอาทิตย์ได้เผาผลาญธาตุไฮโดรเจน ที่มีอยู่ในตัวมันวินาที ละ 4 ล้านตัน การสูญเสียมวลที่มาก และอย่างตลอดเวลา เช่นนี้ได้ทำให้เรารู้ว่าในอีก 5,000 ล้านปีข้างหน้าดวงอาทิตย์ของเราก็จะดับ

นักวิทยาศาสตร์ได้คำนวณเหตุการณ์ที่ดวงอาทิตย์จะดับว่า เมื่อไฮโดรเจนที่มีบนดวงอาทิตย์ถูกหลอมรวม เป็นฮีเลียมโดยปฏิกิริยา fusion ไปเรื่อย ๆ (ปฏิกิริยา fusion คือปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ธาตุเบารวมตัวกันเป็นธาตุหนักแล้วปลดปล่อยพลังงานออกมา) ดังนั้นบริเวณแกนของดวงอาทิตย์ จะมีฮีเลียมสะสมมากขึ้น ๆ และบริเวณนอกแกนก็จะมีไฮโดรเจนน้อยลง ๆ ในขณะเดียวกันดวงอาทิตย์ ก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ๆ จากนั้นอุณหภูมิที่ผิวของดวงอาทิตย์ ซึ่งปัจจุบันสูงถึง 6,000 องศาเซลเซียสก็จะลดลง ๆ พอผิวดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิลดถึง 2,500 องศาเซลเซียส ดวงอาทิตย์ก็จะกลายสภาพ เป็นดาวยักษ์แดง (red giant) ที่มีขนาดใหญ่กว่าปัจจุบันถึง 50 เท่า (คนที่มีชีวิตอยู่ขณะนั้น จะเห็นดวงอาทิตย์ใหญ่เท่าสนามบาสเก็ตบอล) และสว่างมากกว่าปัจจุบันถึง 300 เท่า เพราะขณะนั้นอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ จะสูงถึง 100 ล้านองศาเซลเซียสแล้ว แต่ในเวลาเดียวกันมวลของดวงอาทิตย์ ได้ลดหายไปแล้วถึง 30% เมื่อมวลหายไปเช่นนี้ แรงดึงดูดที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อโลก ก็ลดตามไปด้วย จึงมีผลทำให้โลก โคจรถอยห่างออกไปอยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ประมาณ 40% ดังนั้นถึงแม้ดวงอาทิตย์จะมีขนาดใหญ่มาก จนกลืนดาวพุธและดาวศุกร์ที่มีวงโคจรใกล้มันเข้าไปในตัวแล้วก็ตาม แต่มันก็ไม่สามารถจะกลืนโลกเราได้ และเมื่อถึงเวลานั้นสิ่งมีชีวิตบนโลกทุกชนิด จะไม่มี เพราะโลกจะร้อนเหมือนนรก มหาสมุทรจะแห้งขอด เมฆบนฟ้าจะถูกแสงอาทิตย์แผดเผา จนหายไปในอวกาศ และเมื่อดวงอาทิตย์เผาเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในตัวหมด ดวงอาทิตย์ก็จะเริ่มสลัวลง ๆ จนดับไปในที่สุด

เท่าที่กล่าวมานี้ เป็นการคำนวณจากทฤษฎีที่เรามีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ ในปัจจุบัน แต่ถึงแม้ มนุษย์จะรู้จักดวงอาทิตย์ มานานร่วมแสนปี แต่เราก็ยังไม่เข้าใจดวงอาทิตย์เลย

ดวงอาทิตย์ที่เคยทรงความลึกลับสำหรับคนอดีต ก็ยังคงดำรงตัวลึกลับสำหรับคนปัจจุบันอยู่ต่อไป ทั้งนี้เพราะเรายังไม่รู้กลไก ที่ทำให้ดวงอาทิตย์มีสนามแม่เหล็กในตัวของมัน ซึ่งสนามแม่เหล็กความเข้มสูงนี้มีบทบาทมาก ในการทำให้เกิดการระเบิดที่ผิวดาว เรายังไม่เข้าใจว่า เหตุใดจุดดับของดวงอาทิตย์(sunspot) จึงมีสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงกว่าสนามแม่เหล็กโลกราว 1,000 เท่า และเหตุใดจุดดับเหล่านี้ จึงมีการเกิดและการดับไปทุก ๆ 11 ปี เรายังไม่รู้โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์อย่างละเอียด และลมสุริยะ(solarwind) ที่ประกอบด้วย อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูงนั้น เกิดได้อย่างไร ฯลฯ

ในการที่จะตอบปัญหาเหล่านี้ องค์การ NASA ของสหรัฐฯ และองค์การอวกาศของยุโรป (European Space Agency) ได้ร่วมมือกันปล่อยดาวเทียมที่หนัก 2 ตันดวงหนึ่งชื่อ Solar and Heliopheric Observatory หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า SOHO ขึ้นฟ้า เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2538 ดาวเทียมดวงนี้อยู่ห่างจากโลกประมาณ 1.5 ล้านกิโลเมตร และโคจรไปรอบดวงอาทิตย์พร้อมกับโลก จุดเด่นพิเศษของ SOHO คือสามารถตรวจสอบดวงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง บนดาวเทียม SOHO มีอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับ 12 การทดลอง และอุปกรณ์เหล่านี้สามารถทำงานได้นาน 10 ปี

คำถามหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ต้องการคำตอบคือ การแปรปรวนของความสว่างที่ดวงอาทิตย์เปล่งออกมามีบทบาทเพียงใดหรือไม่ในการทำให้ดินฟ้าอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงเพราะเมื่อประมาณ 15 ปีก่อนนี้ ดาวเทียมที่ถูกส่งขึ้นไปบันทึกความสว่างของดวงอาทิตย์ได้รายงานข้อมูลลงมาว่า ดวงอาทิตย์ได้รายงานข้อมูลลงมาว่า ดวงอาทิตย์เปล่งแสงให้ความสว่างอย่างไม่สม่ำเสมอ คือแปรปรวนประมาณ 0.1 % ทุก ๆ 11 ปี นักอุตุนิยมวิทยาจึงมีความสงสัยว่าความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอนี้ผลกระทบเพียงใดกับปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ทุกคนกังวล เพราะเหตุว่ากระบวนการวัดความสว่างครั้งนั้นให้ข้อมูลในช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้นเอง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงไม่มั่นใจพอที่จะสรุปว่าความสว่างของดวงอาทิตย์ที่กำลังแปรปรวนขณะนี้ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกจริง

ในวารสาร Science ฉบับวันที่ 26 กันยายน ที่ผ่านมานี้ R.Willson แห่งมหาวิทยาลัย Columbia ในสหรัฐอเมริกา ได้รายงายว่าข้อมูลที่ได้จาก SOHO และข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมดวงอื่น ๆ ทำให้เขาก็รู้ว่าในช่วงปี 2529 – 2539 นั้น ดวงอาทิตย์ของเราได้สว่างขึ้น 0.036% หากความแปรปรวนที่วัดได้นี้มีจริงมันก็จะมีอิทธิพลทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น 0.4 องศาเซลเซียสในอีก 100 ปีข้างหน้า แต่เมื่อ R.Lee แห่งศูนย์ วิจัยที่ LANGLEY ใน

สหรัฐอเมริกาได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ Willson ใช้เขาได้พบว่าความสว่างที่ Willson อ้างว่าเพิ่มมากนั้นจริง ๆ แล้วเพิ่มเพียง 0.007% เท่านั้นเอง ซึ่งการเพิ่มที่น้อยนิดเช่นนี้หากเราพิจารณาความคลาดเคลื่อนในการวัดก็จะเท่ากับว่าไม่เพิ่มเลย

C. Frohlich แห่ง Physico-Meteorological Observatory Davos and World Radiation Center ที่สวิตเซอร์แลนด์กล่าวตัดสินว่าข้อมูลที่ได้ขณะนี้ยังไม่เพียงพอที่จะสรุป เรายังต้องการเวลาที่จะวัดความสว่างต่ออีกอย่างน้อยก็ 10 ปีจึงจะรู้ชัด

นอกจากประเด็นความสว่างที่กำลังเป็นปริศนาแล้ว นักฟิสิกส์ก็รู้อีกว่า เขายังไม่เข้าใจปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่กำลังเกิดบนดวงอาทิตย์ขณะนี้ดี เพราะเวลาเกิดปฏิกิริยาหลอมรวมธาตุไฮโดรเจน จะมีอนุภาคเล็ก ๆ ชื่อ นิวตริโน (neutrino) เกิดขึ้นด้วย นิวตริโนนี้ไม่ประจุ (แต่อาจจะ) ไม่มีมวลใด ๆ เวลานิวตริโนเดินทางจากดวงอาทิตย์มาถึงโลก จำนวนนับแสนล้านตัวของมันจะพุ่งผ่านตัวเราไปอย่างที่เราไม่รู้สึกอะไรเลย แต่นักฟิสิกส์ที่กำลังศึกษาและสนใจนิวตริโนจะรู้สึกผลการทดลองของนักฟิสิกส์แสดงให้เห็นว่า อนุภาคนิวตริโนที่มาถึงโลกมีจำนวนน้อยกว่าที่ทฤษฎีได้ทำนายไว้ถึง 3 เท่า ความแตกต่างที่มากเช่นนี้ทำให้นักฟิสิกส์หลายคนคิดว่าเรายังไม่เข้าใจดวงอาทิตย์ดี แต่ก็มีนักฟิสิกส์อีกหลายคนที่คิดว่าขณะที่นิวตริโนเดินทางจากดวงอาทิตย์มาสู่โลก นิวตริโนบางตัวได้กลายสภาพเป็นอนุภาคชนิดอื่นไปเรียบร้อยแล้ว มีผลทำให้นิวตริโนที่เราเห็นมีจำนวนน้อยกว่าที่คิด แต่ถ้าหากนิวตริโนสามารถแปลรูปได้จริง นั่นก็หมายความว่านิวตริโนมีมวลและจากการที่นิวตริโนมีจำนวนมากมายในจักรวาล นิวตริโนจะดึงดูดกัน แรงดึงดูดที่มากมหาศาลของนิวตริโนอาจจะยับยั้งจักรวาล (universe) ไม่ให้ขยายตัวอีกต่อไปได้ แต่หากนิวตริโนไม่มีมวลเลย จักรวาลของเราก็จะขยายตัว ๆ ไปสู่สุญญากาศ จนแสงจากดวงดาวทุกดวงดับแล้วจักวาลก็จะตายไปในที่สุด

ปัญหานิวตริโนของดวงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งที่นักฟิสิกส์ปัจจุบันกำลังสนใจมากที่สุดปัญหาหนึ่ง

ส่วนปัญหาการสั่นสะเทือนของผิวดวงอาทิตย์ก็เป็นปัญหาที่นักฟิสิกส์กำลังให้ความสนใจมากเช่นกัน ความจริงมีอยู่ว่าผิวดวงอาทิตย์มีสภาพเหมือนผิวซุปที่กำลังเดือด ผิวจะไม่ราบเรียบ โดยมีสภาพเป็นคลื่นที่อาจจะมียอดคลื่นสูงถึง 10 กิโลเมตร และระยะห่างระหว่างยอดยาวถึง 40,000 กิโลเมตร คลื่นที่ผิวนี้จะก่อตัวและสลายตัวตลอดเวลา การศึกษาสภาพความเป็นอยู่และเป็นไปของคลื่นสามารถชี้บอกโครงสร้างและการทำงานของดวงอาทิตย์ ความรู้จากการศึกษาเรื่องนี้จะช่วยให้เราสามารถป้องกันโลกของเราให้รอดพ้นจากพายุแม่เหล็กที่จะระเบิดบนดวงอาทิตย์ในอนาคตได้ครับ

<u>“พายุสุริยะ”มหันตภัยเงียบที่คุกคามโลก</u>

พายุสุริยะ ที่นักวิทยาศาสตร์กล่าวขวัญกันว่าเป็นหนึ่งในมหันตภัยเงียบที่คุกคามโลก จากปรากฏการณ์พายุสุริยะหรือการปะทุของดวงอาทิตย์ ในเวลา18.10 น. ในวันที่ 28 ต.ค. และ 03.49 น. ของวันที่ 30 ต.ค. (ตามเวลาประเทศไทย) โดยปรากฏการณ์ครั้งแรกนับเป็นพายุสุริยะที่มีความรุนแรงเป็นอันดับ 3 ในประวัติศาสตร์ ส่วนครั้งที่ 2 นั้นก็ถือว่าติดอันดับ "ท็อป 20" ซึ่งจากปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้มีการกล่าวขวัญกันอย่างกว้างขวางในแวดวง วิทยาศาสตร์ ว่านี่คือ “หนึ่งในมหันตภัยเงียบที่คุกคามโลกโดยไม่รู้ตัว”

รศ. ดร.เดวิด รูฟโฟโล หัวหน้ากลุ่มฟิสิกส์อวกาศและอนุภาคพลังงานสูง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เปิดเผยว่า ผลกระทบของพายุสุริยะต่อโลก ที่เรียกว่า “สภาพอวกาศ” (space weather) มีหลากหลายรูปแบบ เช่น ผลเสียหายต่อดาวเทียม ปัญหากับระบบไฟฟ้าของประเทศต่างๆ และการติดต่อทางคลื่นวิทยุกับเครื่องบินใกล้ขั้วโลก เป็นต้น

ส่วน พายุสุริยะยักษ์ใหญ่ที่เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 28 ต.ค. นั้น ข้อมูลมีลักษณะที่แปลกมาก โดยอนุภาคเริ่มวิ่งออกจากดวงอาทิตย์ แล้วกลับทางวิ่งกลับอย่างกะทันหัน ปรากฏการณ์ดังกล่าวถือเป็นประเด็นที่นักวิจัยทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก ต้องเร่งศึกษาวิจัยเพื่อไขปริศนาดังกล่าว โดยเฉพาะผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อโลก ทางด้านธุรกิจดาวเทียม การสื่อสาร ระบบนำร่องเรือและเครื่องบิน และการไฟฟ้า

สำหรับปรากฏการณ์พายุสุริยะ(solar wind)นั้น นักดาราศาสตร์ได้ทำการค้นพบเมื่อปี พ.ศ. 2476แล้ว ลงความเห็นว่า เกิดขึ้นจากการระเบิดอย่างรุนแรงของผิวดวงอาทิตย์ในบางขณะ ซึ่งจะส่งผลให้มีเปลวก๊าซร้อน พุ่งออกจากผิวดวงอาทิตย์ และในบางครั้งเปลวก๊าซอาจจะพุ่งไกลถึงล้านกิโลเมตร

และหลังจากการ ศึกษาพายุสุริยะในเวลาต่อมา นักวิทยาศาสตร์ต่างฟันธงว่า พายุสุริยะเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่น่าสะพรึงกลัวอย่างหนึ่ง เนื่องจากว่า เปลวก๊าซร้อนที่พวยพุ่งออกมาจากดวงอาทิตย์นั้น จะนำอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าออกมากมายด้วย และเมื่ออนุภาคเหล่านี้พุ่งถึงชั้นบรรยากาศ เบื้องบนของโลก ถ้าขณะนั้นมีนักบินอวกาศร่างกายของนักบินอวกาศคนนั้นก็จะได้รับอนุภาคที่มี ประจุไฟฟ้าและรังสีต่างๆ มากเกินปรกติ ซึ่งจะทำให้ร่างกายเป็นอันตรายได้

ภาพถ่ายดาวเทียมจากนาซา เผยสนามแม่เหล็กโลกที่ปกป้องดาวเคราะห์ของเราจากลมสุริยะ มีรอยแยกขนาดใหญ่ 2 แห่ง หนาถึง 6,400 กิโลเมตร ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิด "แสงออโรรา" ที่สว่างจ้า หรืออาจเกิดการรบกวนการสื่อสารของดาวเทียม และสถานีภาคพื้นดิน ทั้งนี้พบรอยแยกดังกล่าวตั้งแต่กลางปี โดยอนุภาคมีประจุรั่วเข้าชั้นบรรยากาศโลกได้มากถึง 20 เท่าของยามปกติ

สำนักข่าวเอพีรายงานว่า กลุ่มดาวเทียมธีมิส (Themis: Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms) จำนวน 5 ดวงของ องค์การบริหารการบินอวกาศสหรัฐฯ (นาซา) ได้พบรอยแยกขนาดใหญ่ ในสนามแม่เล็กโลก ซึ่งคอยปกป้องโลกจากระเบิดอนุภาคที่มีประจุของดวงอาทิตย์ และจากการสำรวจของดาวเทียมเผยให้เห็นว่า สนามแม่เหล็กโลกมีรอยแยก 2 แห่ง เปิดช่องให้ลมสุริยะ (solar wind) ซึ่งเป็นกระแสของอนุภาคมีประจุที่ประทุออกมาจากดวงอาทิตย์ แทรกสู่บรรยากาศชั้นของโลกด้วยความเร็ว 1.6 ล้านกิโลเมตรต่อชั่วโมง

ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ทราบมานานแล้วว่า สนามแม่เหล็กโลกซึ่งช่วยปกป้องโลกจากสภาพอากาศอันเลวร้ายของอวกาศนั้น อยู่ในสภาพคล้ายบ้านโทรมๆ ที่อยู่ท่ามกลางลมพายุ ซึ่งบางครั้งสนามแม่เหล็กโลกก็เปิดโอกาสให้อนุภาคมีประจุจากดวงอาทิตย์เข้ามาสร้างความรุนแรงได้ และรอยแยกที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นสาเหตุของแสงออโรรา (aurora) หรือแสงเหนือใต้ที่สว่างเจิดจ้า หรืออาจก่อให้เกิดการรบกวนการสื่อสารของดาวเทียมหรือสถานีภาคพื้นได้

เมื่อช่วงฤดูร้อนที่ผ่านมา ดาวเทียมธีมิสพบชั้นอนุภาคมีประจุจากดวงอาทิตย์ ซึ่งอยู่ส่วนนอกของชั้นบรรยากาศโลก ในส่วนแมกเนโทสเฟียร์ (magnetosphere) และมีความหนาอย่างน้อย 6,400 กิโลเมตร แต่ มาริท โออีโรเซท (Marit Oieroset) นักวิทยาศาสตร์ในโครงการดาวเทียมธีมิสจากมหาวิทยาลัยแห่งแคลิฟอร์เนีย (University of California) สหรัฐฯ ระบุว่า รอยแยกดังกล่าวไม่คงอยู่ถาวร โดยก่อนหน้านั้นเมื่อปีที่แล้วก็พบรอยแยกของสนามแม่เหล็กโลกแต่คงอยู่แค่ ประมาณ 1 ชั่วโมงเท่านั้น

ทางด้านสเปซเดลี ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กโลกว่า เป็นเหมือนเกาะกำบังอนุภาคที่ส่งมาอย่างต่อเนื่องจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากอนุภาคที่ไหลมาจากดวงอาทิตย์นั้นมีประจุไฟฟ้าทั้งอยู่ในรูปไอออน และอิเล็กตรอน จึงไวต่อแรงแม่เหล็ก และส่วนใหญ่ถูกสะท้อนออกไปโดยสนามแม่เหล็กโลก อย่างไรก็ดี สนามแม่เหล็กของเราก็เป็นเพียงเกราะกำบังที่มีรอยรั่ว และจำนวนอนุภาคที่รั่วไหลเข้ามาก็ขึ้นอยู่กับทิศของสนามแม่เหล็กดวงอาทิตย์

"**การ ค้นพบครั้งนี้พลิกความเชื่ออันยาวนาน เกี่ยวกับการรบกวนของอนุภาคมีประจุจากสุริยะว่า จะเกิดขึ้นรุนแรงอย่างไร และเมื่อไหร่ และการค้นพบนี้ยังนำไปใช้ทำนายว่า เมื่อไหร่จะเกิดพายุสุริยะรุนแรง** จากผลในครั้งนี้เราคาดว่าจะเกิดพายุสุริยะรุนแรงในช่วงวัฏจักรสุริยะ (solar cycle) ที่กำลังจะเข้ามา" วาสซิลิส แองเจโลพัวลอส (Vassilis Angelopoulos) ผู้ตรวจสอบหลักปฏิบัติการธีมิสจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียกล่าว

ส่วนเอพียังให้คำอธิบายจากโออีโรเซทว่า นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าเบื้องต้นรอยแยกขนาดใหญ่นี้เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็ก โลกและสนามแม่เหล็กดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกัน และข้อมูลจากดาวเทียมธีมิสก็พบว่าสนามแม่เหล็กของโลกและดวงอาทิตย์อยู่ตรง ข้ามกันจริง และมีลมพายุสุริยะผ่านโลกมากกว่าปกติ 20 เท่า เมื่อเทียบกับครั้งที่สนามแม่เหล็กของโลกและดวงอาทิตย์อยู่ในแนวเดียวกัน

ก่อนหน้านี้ยานอวกาศอื่นๆ ทำได้เพียงเก็บตัวอย่างเล็กๆ ของชั้นอนุภาคมีประจุภายในสนามแม่เหล็กโลก แต่ดาวเทียมทั้ง 5 ดวงในโครงการธีมิสสามารถเก็บข้อมูลมาขยายผลได้มากกว่า อย่างไรก็ดีแม้ทราบขนาดการรั่วไหลเข้ามาอนุภาคจากลมสุริยะแล้ว แต่ทีมนักวิทยาศาสตร์ยังไม่ทราบตำแหน่งที่เกิดการรั่วไหล

ทั้งนี้ทีมนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบตำแหน่งรอยแยกของสนามแม่เหล็กคือ หลี่ เหวินฮุย (Wenhui Li) จากมหาวิทยาลัยนิวแฮมป์ไชร์ (University of New Hampshire) สหราชอาณาจักร พร้อมด้วยคณะ โดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อค้นหา 2 รอยแยกที่

เกิดขึ้นบ่อยๆ กับสนามแม่เหล็กโลก รอยแยกหนึ่งอยู่บริเวณละติจูดสูงทางซีกฟ้าเหนือ และอีกรอยแยกอยู่บริเวณละติจูดทางซีกฟ้าใต้ โดยรอยแยกก่อตัวขึ้นบนโลกด้านกลางวัน ซึ่งเป็นด้านที่สนามแม่เหล็กประจันหน้ากับดวงอาทิตย์

สเปซเดลีระบุด้วยว่า แบบจำลองของหลี่ยังแสดงให้เห็นว่ารอยแตกของสนามแม่เหล็กก่อตัวขึ้นได้อย่าง ไร เมื่ออนุภาคมีประจุไหลออกจากดวงอาทิตย์ อนุภาคเหล่านั้นก็นำสนามแม่เหล็กของดวงอาทิตย์ผ่านมายังโลกด้วย ทำให้เกิดการต้านสนามแม่เหล็กโลกตลอดการเส้นทางของสนามแม่เหล็กสุริยะ

แม้ว่าที่ตำแหน่งเส้นศูนย์สูตรสนามเหล็กทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน แต่ที่ละติจูดสูงๆ สนามแม่เหล็กทั้งสองชี้ไปในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อเกิดแรงบีบอัดสนามแม่เหล็กที่มีทิศทางตรงกันข้ามเข้าด้วยกัน และเกิดการเชื่อมโยงที่เรียกว่า "การเชื่อมต่อใหม่ของสนามแม่เหล็ก" (magnetic reconnection) ซึ่งตามการศึกษาของหลี่และคณะ กระบวนการนี้ทำให้เกิดรอยแยกบนสนามแม่เหล็กโลกและเชื่อมโยงสนามแม่เหล็กสุริยะระหว่างรอยแยกทั้งสองกับสนามแม่เหล็กโลก แล้วนำเอาอนุภาคมีประจุจากดวงอาทิตย์เข้าไปในชั้นแมกเนโทสเฟียร์ของโลก.